



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación



Acreditación
Institucional de
ALTA CALIDAD

**ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS DEL DEPARTAMENTO
DE CUNDINAMARCA. CASO MODELO: MUNICIPIOS FÓMEQUE Y
JERUSALÉN**

**BRIGITTE NATALIA ARIAS PULIDO
WILLIAM RICHANEL GIRÓN GUERRA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ D.C.
13 DE JUNIO 2020**

**ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS DEL DEPARTAMENTO
DE CUNDINAMARCA. CASO MODELO: MUNICIPIOS FÓMEQUE Y
JERUSALÉN**

**BRIGITTE NATALIA ARIAS PULIDO
WILLIAM RICHANEL GIRÓN GUERRA**

Trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia de Obras

**Director
Fidel Alberto Pardo Ojeda
Ingeniero civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ D.C.
13 DE JUNIO 2020**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. 13 DE JUNIO DE 2020

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios y a nuestras familias, que nos han inculcado los verdaderos principios de fe y honestidad en todos nuestros actos e interrelaciones personales.

A la Universidad, a los docentes, asesores y directivos que con su ayuda, apoyo y dedicación para transmitirnos sus experiencias y conocimientos nos dan la oportunidad de crecer cada día más como profesionales íntegros y competentes a lo largo de nuestra vida.

A los colaboradores de los municipios de Jerusalén y Fómeque, que con la valiosa información suministrada de la ejecución de sus proyectos, logramos establecer un conjunto de reglas y actos que nos ayudaron a determinar una forma ágil de implementación del sistema fotovoltaico en edificios públicos del departamento de Cundinamarca.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedicamos a Dios por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestras mentes, por habernos permitido llegar a este momento, por permitirnos dedicar este trabajo a las personas que más queremos, por darnos lo necesario en nuestro camino y en cada paso que damos para salir adelante.

A nuestras familias por su constante apoyo moral e incondicional, por sus consejos a lo largo de nuestras vidas, por ser todo lo primordial e importante en lo que somos y que gracias a ellos nos hemos podido formar como los profesionales y personas de bien.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	1
INTRODUCCIÓN	2
1. GENERALIDADES	4
1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 Antecedentes del problema.....	5
1.2.2 Pregunta de investigación	7
1.2.3 Variables del problema.....	8
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4 HIPÓTESIS	9
1.5 OBJETIVOS	9
1.5.1 Objetivo general	9
1.5.2 Objetivos específicos.....	9
2. MARCO DE REFERENCIA.....	11
2.1 MARCO TEÓRICO	11
2.1.1 Historia energía solar fotovoltaica	11
2.1.2 ¿Qué es y cómo funciona?.....	12
2.1.3 La energía solar en Colombia	14
2.2 MARCO CONCEPTUAL	15
2.3 MARCO JURÍDICO.....	22
2.4 MARCO GEOGRÁFICO	25
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO	29
2.6 ESTADO DEL ARTE.....	30
2.6.1 Protocolo	30
2.6.2 Implementar	31
2.6.3 Tecnologías solares	31
2.6.4 Tecnología y Componentes en Plantas de CCP	38
3 METODOLOGÍA.....	41
3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO.....	41
3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	43

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	43
3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	44
3.5 CRONOGRAMA	46
3.7 EDT DICCIONARIO.....	49
4 PRODUCTOS A ENTREGAR	50
5. ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS	51
5.1. LA ENERGÍA SOLAR COMO OPORTUNIDAD EN COLOMBIA.....	51
5.2. JERUSALÉN Y FÓMEQUE EJEMPLOS DE USO DE ENERGÍA SOLAR ..	55
5.2.1. Municipio Jerusalén Cundinamarca.....	55
5.2.2. Municipio Fómeque Cundinamarca	57
5.2.3. Análisis costo-beneficio	58
5.3. PROTOCOLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA	65
5.4. APOORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS.....	69
5.5. CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS	71
6. CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS.....	81
ANEXO A. COTIZACIÓN 1.....	82
ANEXO B. COTIZACIÓN 2.....	83
ANEXO C. INFOGRAFIA.....	84

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Energía solar fotovoltaica	13
Ilustración 2 Fines y propósitos Ley 1715.....	23
Ilustración 3 Bandera y Escudo Cundinamarca	26
Ilustración 4 Ubicación de Cundinamarca en Colombia.....	27
Ilustración 5 Brillo solar de Colombia por horas.....	28
Ilustración 6 Parque solar más grande de Colombia	33
Ilustración 7 Planta termo solar.....	35
Ilustración 8 Plantas colectoras en forma de cilindros	36
Ilustración 9 Planta solar lineal	37
Ilustración 10 Planta solar de discos.....	38
Ilustración 11 Elementos básicos de una planta solar	39
Ilustración 12 Metodología	41
Ilustración 13 Mapamundi solar	51
Ilustración 14. Energía solar en Colombia	52
Ilustración 15 Paneles solares Jerusalén.....	55
Ilustración 16 Paneles solares Jerusalén.....	56
Ilustración 17 Paneles solares Fómeque	57
Ilustración 18 Fases protocolo	65
Ilustración 19. 2da oportunidad para el sol	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto	48
Tabla 2. Diccionario EDT	49
Tabla 3. Capacidad efectiva neta vs demanda máxima de potencia 2019	54
Tabla 4 Análisis costo-beneficio.....	62
Tabla 5 Análisis costo aproximado	63

INTRODUCCIÓN

La energía solar fotovoltaica se encuentra actualmente en auge, puesto que es una de las principales fuentes de energía limpia y renovable del siglo XXI, debido a que no contamina y, adicionalmente, ha mejorado sus índices de rendimiento y aprovechamiento, por lo que resulta viable su aprovechamiento comercial para generar electricidad en cantidades industriales.

Actualmente en Colombia la energía solar fotovoltaica está siendo aprovechada no solo por entes públicos, sino también en el sector privado: en muchos hogares e industrias –entre otros– se ha optado por los sistemas de energía mixtos, los cuales crean un ahorro y, además, ayudan al planeta.

Uno de los mejores ejemplos sobre las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica es el Parque Solar La Loma, ubicado en el municipio de El Paso, departamento del Cesar. Este parque tiene una capacidad instalada de 86,2 MW, lo que evitará la emisión anual de alrededor de 100.000 toneladas de CO₂ a la atmósfera. Esta obra representa el 80% de la capacidad instalada de energía solar en Colombia, ocupa cerca de 210 hectáreas y está compuesto por aproximadamente 250.000 paneles solares instalados sobre estructuras que cuentan con tecnología para seguir el sol y maximizar la producción de energía.¹

En concordancia con lo anterior, la presente investigación busca proponer un protocolo de gestión e implementación de energía solar fotovoltaica que mejore la

¹ PORTAFOLIO. *Inaguran el parque solar más grande de Colombia*. [En línea] 05 de abril de 2019. [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/inauguran-el-parque-solar-mas-grande-de-colombia-528264>.

calidad de vida de las personas en el departamento de Cundinamarca. Por lo tanto, en un primer momento, se presenta toda la información recaudada en relación con la energía solar fotovoltaica y, posteriormente, en un segundo momento, se propone un protocolo aplicable en Cundinamarca, reforzando la gestión e implementación.

1. GENERALIDADES

Este proyecto busca contribuir al mejoramiento administrativo en los diferentes municipios de Cundinamarca mediante la elaboración de un protocolo que posibilite la implementación e incorporación de energías renovables en edificios públicos

Se trata de desarrollar, de forma ágil, la implementación del uso de energía fotovoltaica como energía renovable en edificios institucionales, mitigando así los altos costos de funcionamiento que ocasiona la energía actualmente utilizada. Se busca la optimización de uno de los recursos inagotables de la naturaleza: la radiación (luz) solar.

1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se pretende plantear un protocolo para la implementación y gestión de elementos de energía fotovoltaica. Protocolo que, posteriormente, podrá ser aplicado y permitirá mejorar la calidad de vida, a la par que disminuirá los costos por consumo de energía en los edificios públicos, con lo cual se genera un ahorro de recursos (económicos) que podrán ser invertidos en otros rubros importantes.

1.2.1 Antecedentes del problema

Se considera al físico Alexandre-Edmond Becquerel como el primero en examinar el efecto fotovoltaico en el año de 1839, fecha en la cual estudio la energía fotovoltaica y la electricidad al experimentar con una pila electrolítica con electrodos de platino, exponiéndola al sol para ver su reacción.²

Y se conoce a Charles Fritts por la creación de la primera celda solar, con una eficiencia del 1%; sin embargo, esta celda no era usada para generar electricidad, sino para otros fines.³

La energía solar para uso doméstico aparece en 1970 en una calculadora y en algunos paneles solares para techo usados en EE. UU. y en la Unión Soviética. Posteriormente, se van conociendo más aplicaciones de la energía solar y se comienzan a usar en áreas rurales, con el inconveniente de que los paneles tenían precios muy altos y, por lo tanto, resultaban poco asequibles.⁴

Colombia es un país lleno de riqueza en recursos energéticos renovables, tal como el Sol. Por tal motivo, el uso de esta energía se ha convertido en una alternativa que, cada vez tiene más partidarios, esto ha llevado a que se estén realizando

² ALVARENGA CALHEIROS, Alexandre; FERREIRA, Vitor Hugo y ZAMBOTI FORTES, Marcio. *Energía solar fotovoltaica: Uma Aplicação na irrigação da agricultura familiar*. [En línea] Diciembre de 2014 [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irrigacao_da_Agricultura_Familiar

³ BENTAHHER, Hatem. *A simple tracking system to monitor solar PV panels*. [En línea] Febrero de 2014 [Consultado 02 de noviembre de 2019] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273531996_A_simple_tracking_system_to_monitor_solar_PV_panels

⁴ CANTRELL, Victoria. *The history of solar power*. [En línea] 29 de junio de 2017. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.experience.com/advice/careers/ideas/the-history-of-solar-power/>

construcciones autosostenibles que buscan generar electricidad a partir de la radiación electromagnética procedente del sol.

Sin embargo, esto no siempre fue así, ya que en el país no existía mucho conocimiento acerca de la energía solar, las maneras de aplicarla y aprovecharla. En este punto se debe considerar que Colombia cuenta con un potencial positivo de energía fotovoltaica: aunque se presentan variaciones, los datos evidencian que en todo el territorio nacional el promedio de irradiación solar es alto.⁵

Como es de público conocimiento, en el departamento de Cundinamarca muchas personas han optado por la instalación de paneles solares de manera privada. Esto ha hecho que se utilicen sistemas de energía mixtos, que se alimentan tanto de paneles solares como del sistema convencional.

Hacia el año 2016, en Cundinamarca, se comenzó a ejecutar un proyecto llamado *Cundinamarca al 100%*, liderado por CODENSA. Este proyecto, que se encuentra articulado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, busca mejorar la cobertura en el servicio de energía, haciendo una implementación de nueva infraestructura de soluciones aisladas (paneles solares, entre otros), para garantizar la calidad, confiabilidad y seguridad en el servicio presentado.⁶

⁵ ERAZO CHECA, Francisco y ERAZO De La CRUZ, Olger. *Potencial natural para el desarrollo fotovoltaico en Colombia*. [En línea] 14 de junio de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: https://www.academia.edu/35071624/Potencial_Natural_para_el_Desarrollo_Fotovoltaico_en_Colombia

⁶ PORTAFOLIO. *Energía positiva*. [En línea] 25 de septiembre de 2017. [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.pressreader.com/colombia/portafolio/20180918/282991105814188>

El interés por el uso de la energía fotovoltaica se muestra ahora en cifras. Las estadísticas de la Unidad de Planeación Minero Energética indican que, en los últimos años, del total de propuestas radicadas, el 88,3% tienen que ver con energía solar, y se proyecta que entre los años 2020-2030 la tasa de crecimiento sea aproximadamente del 3,1%.⁷

La idea que guía el desarrollo del presente trabajo surge a partir de la observación del uso de la energía solar fotovoltaica y su buen aprovechamiento a nivel global. Por lo cual, se contempla su implementación y adecuada gestión en el departamento de Cundinamarca.

1.2.2 Pregunta de investigación

Con el ánimo de hacer un planteamiento que se acomode tanto a las exigencias de la Ingeniería Civil como a las necesidades de las comunidades del departamento de Cundinamarca, se propone la siguiente pregunta:

¿Cuáles serían los pasos a seguir para poner en funcionamiento un sistema de energía fotovoltaica en un edificio público del departamento de Cundinamarca de manera efectiva y ágil para así ayudar a generar ahorro en las fuentes de energía convencional?

⁷ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA – UPME. *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050*. [En línea] 25 de enero de 2017. [Consultado 03 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Plan-Energetico-Nacional-Ideario-2050.aspx>

1.2.3 Variables del problema

- Indagación en bases de datos de experiencias adquiridas (normas, metodologías, procedimientos, etc.).
- Evaluación de sistemas existentes en edificios institucionales.
- Evaluación de factibilidad del proyecto.
- Inventario actual del edificio (planta eléctrica, subestación, medidores, etc.).
- Ubicación del sistema fotovoltaico.
- Sistema de panel solar monocristalino.
- Sistema de panel solar policristalino.
- Análisis de cargas eléctricas actuales y proyectadas.
- Costos de implementación y operación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este protocolo ayudará a la implementación y ejecución, en forma ágil, de una alternativa para suplementar el uso de la demanda actual de energía en los edificios institucionales.

La implementación de nuevas tecnologías ayuda al crecimiento del país, pues los bajos costos de mantenimiento y su fácil instalación permiten el direccionamiento de los recursos que se iban a utilizar en gastos operacionales. Además, disminuye la contaminación y no se generan residuos, es un sistema de larga vida y se puede manejar de forma compartida.

La implementación de este protocolo, en cualquier municipio, ayudará a la búsqueda más eficiente de recursos para su implementación, no solo en el departamento de Cundinamarca, sino en todo el país.

1.4 HIPÓTESIS

Este proyecto designará un conjunto de normas, reglas y pautas que sirvan para guiar a cualquier persona natural o jurídica en la implementación de la energía fotovoltaica (energía renovable) en los edificios institucionales de los municipios del departamento de Cundinamarca, y buscará fortalecer la adopción de conductas o acciones necesarias para la ejecución del sistema. Además, ayudara a disminuir los gastos administrativos que actualmente se generan y, por último, contribuirá a la reducción de la contaminación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Elaborar un protocolo para la implementación de energía fotovoltaica que sirva para la incorporación de energías renovables en edificios públicos del departamento de Cundinamarca y adicionalmente, ayudar a generar ahorro de fuentes de energía convencionales.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar la energía fotovoltaica como energía renovable a partir de experiencias adquiridas, para que estas se aprovechen y ayuden en la elaboración y utilización del protocolo de manera ágil.

- Realizar una muestra en dos municipios del departamento de Cundinamarca donde este actualmente en funcionamiento el sistema fotovoltaico. Con esto se podrán analizar costo-beneficio, actos, reglas, normas (conjunto de ideas) que favorezcan la elaboración del protocolo.
- Establecer un procedimiento metodológico que ayude como herramienta para orientar la ejecución, implementación, y mantenimiento de los sistemas de energía solar en edificios públicos en el departamento de Cundinamarca.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Historia energía solar fotovoltaica

El Sol es la fuente de energía de la Tierra. Se recibe en forma de radiación que es retenida por la atmósfera y permite que la Tierra se mantenga a una temperatura más o menos constante: esto posibilita que haya vida. La radiación solar, además de proporcionar luz, también se transforma en biomasa por medio del efecto de la fotosíntesis, en viento por los gradientes térmicos que se producen en la atmósfera o en energía hidráulica por la evaporación de los mares.⁸

La energía fotovoltaica generada con el efecto voltaico se reconoció por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, quien fue uno de los primeros científicos dedicados al estudio del espectro solar, el magnetismo, la electricidad y la óptica. Finalmente, esos estudios lo condujeron a trabajos avanzados relacionados con la luminiscencia y fosforescencia. Sin embargo, no fue hasta el año 1883 que se construyó la primera célula solar por Charles Fritts, con una eficiencia de 1%. Durante la primera mitad del siglo XX varias fueron las mejoras para aumentar su eficiencia.⁹

⁸ IGLESIAS MENÉNDEZ, Abelardo y LOMBARDERO RODIL, José Luis. *Energía solar térmica* (Prólogo). [En línea] Sin fecha. [Consultado 03 de noviembre de 2019] Disponible en: http://fundacionconfemetal.com/media/blfa_files/Energ_a_Solar_t_rmica_P_ginas.pdf

⁹ ROPER, David L. *World Photovoltaic Energy*. [En línea] 06 de abril de 2016. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.ropeltd.com/science/worldphotovoltaicenergy.htm>

En 1946, Russel Ohl patentó la moderna unión entre los materiales semiconductores que actualmente se utiliza. Pero el avance tecnológico más importante llegó en 1954, cuando los laboratorios Bell, experimentando con semiconductores, desarrollaron la primera célula fotovoltaica de silicio, con un rendimiento del 4.5%.¹⁰

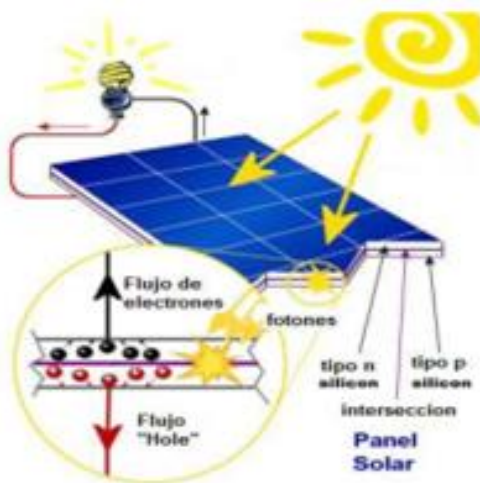
2.1.2 ¿Qué es y cómo funciona?

La energía solar fotovoltaica origina electricidad por el espectro de luz visible del Sol, por medio de celdas fotovoltaicas. Cuando los rayos solares impactan la celda, ocurre un movimiento de electrones que, al ser canalizados permiten obtener corriente eléctrica; las celdas fotovoltaicas están mayormente hechas a base de silicio. Las celdas se juntan para formar módulos y paneles que producen mayor electricidad. Estos módulos y paneles se conectan para formar sistemas fotovoltaicos y así conseguir diferentes rendimientos de potencia eléctrica.¹¹

¹⁰ MR SOLAR. *What is the Photovoltaic Effect?* [En línea] 14 de junio de 2017. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.mrsolar.com/photovoltaic-effect/>

¹¹ MÁXIMO SOLAR. *¿Cómo funciona?* [En línea] 15 de abril de 2015. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.maximosolar.com/es/aprende/como-funciona>.

Ilustración 1 Energía solar fotovoltaica



Fuente. Máximo Solar

El Sol produce energía de dos formas: proporciona calor, se aprovechan espejos, de manera que los rayos del sol se concentran en un receptor que alcanza temperaturas de hasta 1.000 °C. El calor se utiliza para calentar un fluido que genera vapor. El vapor, finalmente, mueve una turbina y produce electricidad. Proporciona luz que se convierte en electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos están formados por grupos de células o celdas solares que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).¹²

¹² ACCIONA. *Energía solar fotovoltaica y su contribución*. [En línea] 22 de marzo de 2018. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>

2.1.3 La energía solar en Colombia

La energía solar fotovoltaica en Colombia se ha convertido en una alternativa significativa para reemplazar o complementar la generación de energía convencional.¹³

Las aplicaciones térmicas en Colombia datan de mediados del siglo pasado, cuando en Santa Marta fueron instalados calentadores solares en las casas de los empleados de las bananeras, calentadores que aún existen, aunque no operan. Más tarde, hacia los años sesenta, en la Universidad Industrial de Santander, se instalaron calentadores solares domésticos de origen israelí para estudiar su comportamiento. Posteriormente, hacia finales de los setenta, y estimulados por la crisis del petróleo de 1973, algunas instituciones universitarias (Universidad de Los Andes, Universidad Nacional en Bogotá, Universidad del Valle, entre otras) y fundaciones (Centro Las Gaviotas) sentaron las bases para instalar calentadores solares domésticos y grandes sistemas de calentamiento de agua para uso en centros de servicios comunitarios (hospitales, cafeterías, etc.).

Estos desarrollos tuvieron su máxima expresión a mediados de los ochenta con la instalación masiva de calentadores en urbanizaciones de Medellín (Villa Valle de Aburrá) y Bogotá (Ciudad Tunal y Ciudad Salitre), donde fueron instalados miles de calentadores, desarrollados y fabricados por el Centro Las Gaviotas; el Palacio de Nariño, en Bogotá, también tuvo uno de estos grandes calentadores. A mediados de los ochenta surgieron varias compañías nacionales en Bogotá, Manizales y Medellín, que fabricaron e instalaron miles de calentadores solares de diversas capacidades en esas ciudades. Muchas instituciones religiosas montaron calentadores

¹³ RODRÍGUEZ URREGO, Leonardo; VALDERRAMA MENDOZA, Mateo; GARCÍA LEÓN, Herberth y OCAMO, Pablo César. *La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual*. En: Avances: Investigación en Ingeniería. Vol. 15, No. 1, 2018, pp. 112-130.

solares en sus conventos, y también lo hicieron algunas cadenas hoteleras (Hoteles Dann).¹⁴

El cambio de energía convencional a energía proveniente de fuentes renovables es un tema que viene en aumento de forma exponencial en Colombia. Este crecimiento se da gracias a la creación de normas locales y globales, además del desarrollo tecnológico y la disminución en los costes que han experimentado los sistemas de generación de energía. Una de las formas de generación más utilizadas e implementadas actualmente es el FV (fotovoltaica), con una capacidad instalada mundial de 385,674 MW. Además, experimenta un crecimiento significativo la capacidad mundial de generar energía solar fotovoltaica: en el mercado anual de 2015 fue diez veces mayor que hace una década, incremento apoyado por la protección al medio ambiente y el cambio climático.¹⁵

2.2 MARCO CONCEPTUAL

En el desarrollo del presente proyecto resulta importante tener claridad sobre el significado de los siguientes conceptos. Esto permitirá tener una mejor comprensión de las ideas y del contexto que se sugieren:

- **Contaminación:** es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante (sustancia extraña o forma de energía) con potencial para variar la proporción de sus constituyentes, crear molestias o provocar efectos perjudiciales, irreversibles o no, en el medio inicial.¹⁶

¹⁴ RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. En: Revista de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia, rev. Ing. ISSN. 0121.4993. Noviembre de 2008, pp. 83-89.

¹⁵ *Ibíd.*

¹⁶ BRAVO, Víctor (Comp.). *Introducción a los impactos ambientales sobre los recursos naturales*. [En línea] Abril de 2015. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en:

- **Recurso renovable:** es un recurso natural que se puede restaurar por procesos naturales a una velocidad superior a la del consumo por los seres humanos. La radiación solar, las mareas, el viento y la energía hidroeléctrica son recursos perpetuos que no corren peligro de agotarse a largo plazo.¹⁷

- **Energía solar:** la energía solar es la contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma de energía térmica o energía eléctrica, para su consumo posterior donde se necesite. Se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del sol. Se trata de un tipo de energía renovable. La energía contenida en el sol es tan abundante que se considera inagotable.¹⁸

- **Energía fotovoltaica:** la energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.¹⁹

http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2016/12/INTRODUCCION-A-LOS-IMPACTOS-AMBIENTALES-VB-2015.docx1_.pdf

¹⁷ ESPAZO ABALAR (Repositorio). *Recurso renovable*. [En línea] 05 de octubre de 2006. [Consultado 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1496316230/contido/Recurso%20renovable.pdf>

¹⁸ SOLAR ENERGY. *Energía solar*. [En línea] 09 de octubre de 2019. [Consultado 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://solar-energia.net>.

¹⁹ ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES APPA. *¿Qué es la energía fotovoltaica?* [En línea] 04 de 2018. [CONSULTADO 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>

- **Consumo energético:** es toda la energía empleada para realizar una acción, fabricar algo o, simplemente, habitar un edificio: consumo energético no es solo aquel que procede de una única fuente energética. Es una confusión común pensar que para ahorrar energía hay que ahorrar en electricidad. Quizá sea otra fuente energética la que más está impactando en cierto proceso.²⁰

De la misma manera, resulta indispensable el manejo de los siguientes conceptos:

- **Vulnerabilidad:** fragilidad o escasa capacidad de defensa ante riesgos inminentes. Se puede decir que una persona "está muy vulnerable" o que ante una situación complicada e inesperada alguien con reducida capacidad de respuesta "es vulnerable". La vulnerabilidad está relacionada con la capacidad que una persona, grupo o comunidad tengan para advertir, resistir y recuperarse de un riesgo próximo.²¹
- **Calidad de vida:** según la OMS²², la calidad de vida es la percepción que un individuo tiene de su lugar en la existencia, en el contexto de la cultura y del sistema de valores en los que vive y en relación con sus objetivos, sus expectativas, sus normas, sus inquietudes. Se trata de un concepto que está

²⁰ TEBA, Cristina. *¿Qué es consumo energético?* [En línea] 12 de febrero de 2019. [Consultado el 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www2.dexma.com/es/que-es-consumo-energetico/>.

²¹ SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Diego y EGEA Jiménez, Carmen. Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socioambientales. Su aplicación en el estudio de los adultos mayores. En: Revista Pap. poblac vol.17, No. 69 Toluca jul./sep. 2011, s.p.

²² ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. *Conceptos importantes*. Editorial de la OMS, 2005. Sin más datos.

influido por la salud física del sujeto, su estado psicológico, su nivel de independencia, sus relaciones sociales, así como su relación con el entorno.

- **Sustentabilidad:** es un proceso que tiene por objetivo encontrar el equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales. La humanidad en su paso por el planeta ha degradado los recursos naturales de tal forma que actualmente es necesario procurar y planear concienzudamente el consumo de los mismos para garantizar la existencia de las generaciones futuras.²³
- **Sostenibilidad:** atender a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.²⁴
- **Objetivos de desarrollo sostenible:** representan principios básicos para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012 y sustituyeron los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM, 2000), para crear un conjunto de objetivos mundiales relacionados con los desafíos ambientales, políticos y económicos con que se enfrenta nuestro mundo. Se pusieron en marcha en enero de 2016 y orientarán las políticas y la

²³ CENTRO DEL CAMBIO GLOBAL Y LA SUSTENTABILIDAD, A.C. *¿Qué es sustentabilidad?* [En línea] 14 de marzo de 2014. [Consultado el 19 de octubre de 2019.] Disponible en: <http://ccgss.org/sustentabilidad/>.

²⁴ ESTÉVEZ, Ricardo. *Las 10 definiciones ecointeligentes que debes conocer*. [En línea] 15 de febrero de 2013. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/10-definiciones-sostenibilidad/>.

financiación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) durante los próximos 15 años.²⁵

- **Plan de ordenamiento territorial:** es el instrumento básico definido en la Ley 388 de 1997, para que los municipios y distritos del país planifiquen el ordenamiento del territorio. El POT contiene un conjunto de objetivos, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas que orientan el desarrollo físico del territorio y la utilización o usos del suelo.²⁶
- **Licencia ambiental:** es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad que, de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje. La licencia sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada.²⁷

²⁵ LLAMAS, Juan Manuel. *Qué son los objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y la Agenda 2030*. [En línea] 28 de septiembre de 2017. [Consultado el 12 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.greenglobe.es/los-objetivos-desarrollo-sostenible-ods-la-agenda-2030/>.

²⁶ SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Plan de Ordenamiento Territorial POT. [En línea] 05 de 2016. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/que-es>.

²⁷ CORNARE. *Licencia ambiental y diagnóstico ambiental de alternativas*. [En línea] 17 de junio de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.cornare.gov.co/index.php/tramitesyservicios/tramites-ambientales/licencia-ambiental..>

También es importante conocer las definiciones de las variables de nuestro problema:

- **Inventario actual del edificio (planta eléctrica, subestación, medidores, etc.):** la variable inicial “Inventario actual del edificio (planta eléctrica, subestación, medidores, etc.)”, permite verificar el estado actual de cada uno de los componentes eléctricos y de obra civil que existen en la actualidad, y es una de las más importantes porque ayuda a determinar una estrategia de implementación del protocolo. Además, ayuda a confirmar qué se requiere en forma adicional y con qué se cuenta.
- **Ubicación del sistema fotovoltaico:** esta variable busca la optimización de la fosforescencia solar, es decir, del aprovechamiento del Sol. Es imprescindible el conocimiento de la trayectoria solar, el perfil de las necesidades y de los condicionantes de la ubicación. Todo ello conlleva a determinar la orientación e inclinación de los paneles solares en instalaciones fijas para conseguir el mínimo coste del kilovatio hora de energía renovable. Por cuestiones de adaptación arquitectónica, los paneles suelen estar situados en las cubiertas, aunque no sea la zona más próxima al sistema de acumulación o de contadores de energía. Por cuestiones de seguridad y de integración arquitectónica, se suele determinar la cubierta de las edificaciones como zona de ubicación de los paneles solares fotovoltaicos.²⁸
- **Sistema de panel solar monocristalino:** esta variable se recomienda para la instalación de placas solares en climas fríos con tendencia a tormenta o

²⁸ SMITH, Charles. *Diferencias entre silicio monocristalino y multicristalino o policristalino*. [En línea] 06 de septiembre de 2019. [Consultado 23 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>.

niebla, ya que esta variedad de placas solares absorbe mejor la radiación y soporta menos el sobrecalentamiento.²⁹

- **Sistema de panel solar policristalino:** esta variable recomienda la instalación de placas solares policristalinas en climas cálidos, pues absorben el calor a una mayor velocidad y se afectan en menor medida por el sobrecalentamiento.³⁰
- **Análisis de cargas eléctricas actuales y proyectadas:** esta es una de las variables más importantes porque permite conocer el voltaje o la potencia actual con la que trabaja el sistema eléctrico en los edificios institucionales, esta unidad de medida se da en Kva y, además, permite hacer un estudio de la potencia necesaria futura y que debe ser tomada en cuenta.
- **Costos de implementación, operación y mantenimientos:** es una de las variables más importante, porque nos ayuda a ver el sistema de entrada, costo beneficio, nos ayuda a analizar el nivel de conveniencia en la implementación, operación y mantenimientos del mismo.

A los anteriores términos se deben añadir otros que están asociados con la gerencia de proyectos:

- **Gerencia estratégica:** es un proceso estructural (organizacional), un proceso administrativo. Se puede decir que se trata del cargo que ocupa el director de una empresa y en el que se incluyen múltiples funciones, como las de representar a la sociedad frente a terceros, coordinar todos los recursos disponibles a través de un planteamiento establecido, organización y control a fin de lograr objetivos establecidos.³¹

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ *Ibíd.*

³¹ ESCUELA EUROPEA DE GERENCIA. *Gerencia y gestión ¿es lo mismo?* [En línea] 19 de abril de 2015. [Consultado 15 de octubre de 2019.] Disponible en: <http://www.eegerencia.eu/gerencia-y-gestion-es-lo-mismo/>.

- **Gestión estratégica:** es un proceso amplio y humano que incluye la gerencia, y tiene que ver más con el concepto de liderazgo: podemos decir que está en las habilidades, talentos y aptitudes del liderazgo y su gente, del equipo de trabajadores que día a día trabajan en pro de llevar a cabo con éxito la Planificación Estratégica y así van desarrollando las habilidades organizaciones que le dan sentido, color y textura a la gestión.³²

- **Riesgo:** es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad.³³

- **Evaluación de impactos:** indica si el proyecto tuvo un efecto en su entorno en términos económicos, técnicos, socio-culturales, institucionales y medioambientales.³⁴

2.3 MARCO JURÍDICO

La Ley 1715 de 2014³⁵ regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, para promover el desarrollo y utilización de las mismas, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar la seguridad en el abastecimiento energético.

³² *Ibíd.*

³³ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del Pmbok. [En línea] 17 de mayo de 2018. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>.

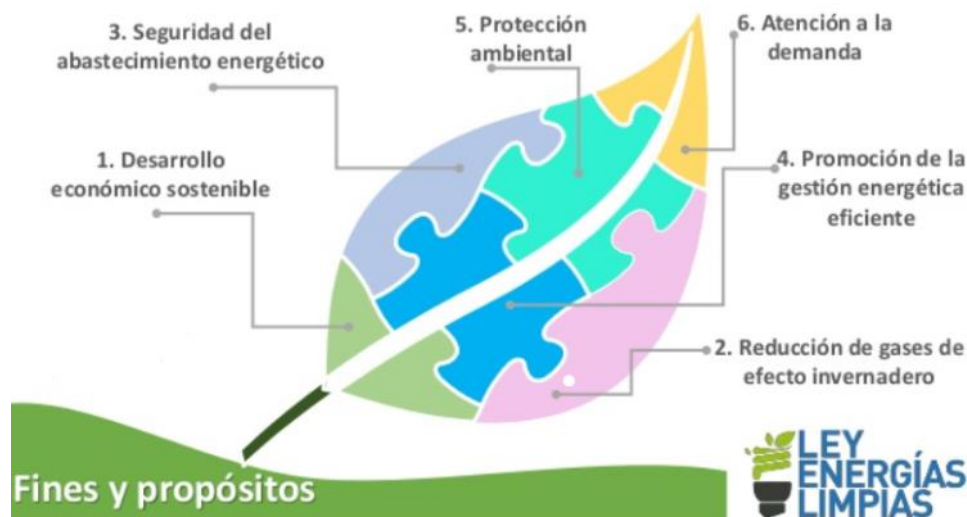
³⁴ ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS OCDE. *Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo*. [En línea] 14 de junio de 1992. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

³⁵ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715 de 2014, Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Diario Oficial 49,150 del martes 13 de mayo de 2014.

Busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta a la demanda. Su finalidad consiste en establecer el marco legal y los instrumentos de promoción del aprovechamiento para las fuentes no convencionales.

Con la Ley 1715 de 2014 se busca orientar las políticas públicas, incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía (principalmente las de carácter renovable), establecer mecanismos de cooperación y coordinación entre el sector público, el sector privado y los usuarios, estimular la inversión, investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no renovables.

Ilustración 2 Fines y propósitos Ley 1715



Fuente: Reglamentación Ley 1715 de 2014

En la Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017³⁶ se determinan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de energía solar fotovoltaica.

Estos son lineamientos que el solicitante de la licencia ambiental debe utilizar para la elaboración y ejecución de estudios ambientales. Y se encuentran alineados a las particularidades de este tipo de proyectos, para que cuando sean identificados los posibles impactos, se puedan proponer medidas de manejo para corregir, mitigar, prevenir y compensar los mismos.

En el Decreto 2143 de 2015³⁷ se habla sobre la promoción, el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía (FNCE). Este Decreto abarca las definiciones básicas, los contribuyentes, las inversiones probables y los proyectos que se pueden tener a futuro. Incluye actividades como investigación y desarrollo tecnológico o formulación e investigación preliminar, estudios técnicos, financieros, económicos y ambientales definitivos, adquisición de equipos, elementos, maquinaria y montaje y puesta en operación.

³⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1670 de 2017, Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de energía solar fotovoltaica y se toman otras determinaciones. Diario Oficial No. 50.335 de 24 de agosto de 2017.

³⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2143 de 2015, Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014. Diario Oficial No. 49.686 de 04 de noviembre de 2015.

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

Cundinamarca es uno de los 32 departamentos que, junto con el Distrito Capital de Bogotá, forman la República de Colombia. Su capital es Bogotá, la capital del país. Está ubicado en el centro del país, en la Región Andina, limita al norte con Boyacá, al este con Casanare, al sur con Meta y Huila, al oeste con Tolima y Caldas, y con el Distrito Capital de Bogotá, al que engloba, excepto por la frontera sur del Distrito.³⁸

Con unos 2.800.000 habitantes (sin incluir Bogotá) en 2018, es el tercer departamento más poblado —por detrás de Antioquia y Valle del Cauca—; y con 111 hab/Km² es el séptimo más densamente poblado, por detrás de San Andrés y Providencia, Atlántico, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Caldas. Fue creado el 5 de agosto de 1886 bajo los términos de la Constitución de 1886.

Al occidente del departamento, el río Magdalena emerge como el principal afluente fluvial, especialmente en el puerto de Girardot, donde se realizan actividades como navegación de contemplación y pesca artesanal. En otra época, el puerto servía para el transporte de mercancía desde Barranquilla hacia Bogotá, y allí se embarcaba el café de exportación proveniente del centro del país.

Otro río muy importante es el Bogotá, que nace en el alto de la Calavera, Villapinzón, y desemboca en el Magdalena, luego de pasar por el Salto del Tequendama, sitio turístico por excelencia, ubicado a 30 km al suroeste de Bogotá, a 2.467 metros sobre el nivel del mar, con una caída de agua de aproximadamente 157 metros.

³⁸ GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. *Historia del departamento de Cundinamarca*. [En línea] 11 de noviembre de 2018. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/historia.html>.

No obstante, debido a la contaminación generada por curtiembres, industrias, basuras y desechos humanos, el río Bogotá es considerado como uno de los más contaminados del mundo. Son igualmente relevantes los ríos Guavio y Hamaca.

También encontramos el río Sumapaz, que nace en el páramo del mismo nombre, el más alto del mundo. Hace parte del Parque Nacional Natural Sumapaz, que se extiende hasta el departamento del Meta.

Es de resaltar la presencia de las lagunas del Guatavita, Fúquene, Chisacá, Sibaté, Tominé, La Regadera, El Hato y las represas de Chingaza, Neusa, Sisga y el Guavio. Esta última, conocida como la Central Hidroeléctrica del Guavio es la represa más grande de Colombia. Está ubicada en el municipio de Gachalá y opera desde el 15 de diciembre de 1992.

Ilustración 3 Bandera y Escudo Cundinamarca



Fuente: Gobernación de Cundinamarca

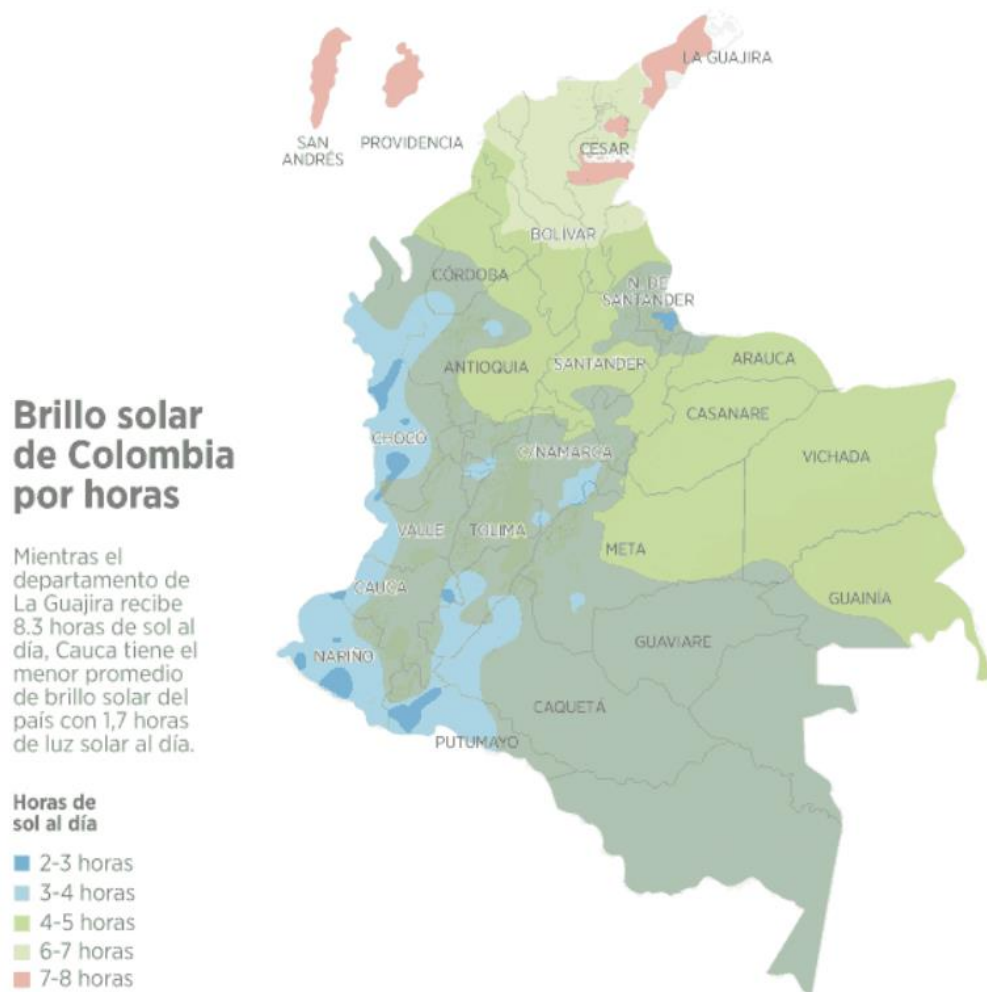
Ilustración 4 Ubicación de Cundinamarca en Colombia



Fuente: Gobernación de Cundinamarca

Se considera pertinente tener conocimiento acerca el potencial de horas-sol en Colombia. En el año 2015 el IDEAM, con la colaboración de la Unidad de Planeación Minero Energética, realizó un mapa con la cantidad de brillo solar en Colombia por horas, con los datos que se tenían hasta ese año.³⁹

Ilustración 5 Brillo solar de Colombia por horas



Fuente: Ideam

³⁹ EL ESPECTADOR. Sección Redacción Vivir. *Colombia estrena mapas eólicos y de radiación solar*. [En línea] 28 de diciembre de 2015. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-estrena-mapas-eolicos-y-de-radiacion-solar-articulo-595763>.

Cabe resaltar que el país ya cuenta con una red nacional de medición de la radiación global, a la cual se le realiza monitoreo, registro y seguimiento. La red más grande de estaciones y de mayor cobertura pertenece al Ministerio de Medio Ambiente, ente gubernamental encargado de hacer el seguimiento a la radiación. Adicionalmente, existen otras entidades, las cuales, a menor escala y con cobertura local, también cuentan con redes, estas pertenecen a los gremios agrícolas (Cenicafe, Cenicaña, Fedearroz) y, de la misma manera, otras entidades y autoridades ambientales (Corporaciones Autónomas Regionales- CARs y Departamentos Administrativos del Medio Ambiente- DAMAs), centros de investigación y entidades como el IPSE.⁴⁰

2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

Según la proyección hecha por el DANE, la población de Cundinamarca para el año 2013 era de 2.598.245 personas, de las cuales el 49,9% (1.296.006) eran hombres y el 50,1% (1.302.239) mujeres. Pero, adicionalmente, la proyección planteó un crecimiento de la población masculina respecto al año 2012 de 1,56%, mientras que el crecimiento para la población femenina fue de 1,61%, lo cual implica que la proporción de mujeres tenderá a aumentar.

Los municipios más poblados fueron Soacha (488.995 personas, equivalentes al 18,82% de la población total del departamento), Fusagasugá (129.301), Facatativá (127.226), Chía (120.719) y Zipaquirá (118.267), que conjuntamente sumaron más del 37,9% de la población del departamento.

⁴⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. *Evaluación de la irradiación global en horizontal Colombia*. [En línea] 15 de noviembre de 2017. [Consultado 28 de octubre de 2019] Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Evaluacion-de-la-Irradiacion-Global-Horizontal-en-Colombia.pdf>.

La proporción de población habitando zonas rurales o urbanas es bastante variable entre municipios. Así, por ejemplo, en Fúquene, San Antonio del Tequendama y Quebrada Negra solo 4,64%, 7,59% y 8,05% de la población, respectivamente, vivía en la cabecera municipal. Por otro lado, en Soacha, Girardot y Mosquera, 98,79%, 96,63% y 95,53% de la población municipal, respectivamente, habitaba la cabecera municipal.⁴¹

Observando el recuento poblacional reflejado en la pirámide de 2014, que presenta una base dilatada y una cúspide estrecha, se considera una estructura de población joven, con alta proporción de niños y jóvenes, debido a una alta fecundidad y una alta mortalidad. En este caso, los menores de 20 años representan alrededor del 18% de toda la población, y los ancianos (mayores de 65 años) el 7,5 % del total de población, situación que se asocia a regiones subdesarrolladas.⁴²

2.6 ESTADO DEL ARTE

2.6.1 Protocolo

Podemos definir el *protocolo* como el conjunto de normas y disposiciones vigentes que facilitan las relaciones sociales, profesionales o diplomáticas y que rigen o se siguen en la celebración de los actos oficiales y en cualquier acto o ceremonia de la índole que sea. El protocolo surge de las costumbres o tradiciones, por ese motivo, en cada país hay normas protocolarias distintas, no obstante, hay diversos tipos de protocolo (oficial, empresarial, militar, religioso, deportivo, turístico, social, internacional, etc.).⁴³

⁴¹ GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. *Estadísticas de Cundinamarca*. Bogotá, 2013. Documento sin más datos.

⁴² SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. *Demografía, población y diversidad*. Bogotá-Cundinamarca, 2014. Documento sin más datos.

⁴³ FERNÁNDEZ Y VÁSQUEZ, Jorge J. *Antecedentes históricos del protocolo y su influencia a través de la historia en los estados, en la sociedad y en la política en España y Europa*.

2.6.2 Implementar

La palabra *implementar* permite expresar la acción de poner en práctica medidas y métodos, entre otros, para concretar alguna actividad, plan o misión. *Implementar* es una palabra que forma parte de nuestro lenguaje cotidiano y que, por lo tanto, solemos emplear en diversos contextos y ámbitos.

En nuestra vida cotidiana, cuando ponemos en marcha alguna nueva acción; en una empresa, cuando se dispone la aplicación de un plan para, por ejemplo, aumentar las ventas; en materia política, cuando un Gobierno decide darle paso a una medida tendiente a disminuir el alto índice de desempleo, como puede ser la creación de mil nuevos puestos de trabajo, entre otros.

Ahora bien, aquello que se implementa, antes de convertirse en una cuestión concreta pasa por una serie de fases. Es decir, primero surge de las ideas de los funcionarios públicos que tienen la responsabilidad de pensar políticas públicas que produzcan cambios y mejoras para el sector en el cual se encuentran trabajando. En tanto, una vez que esas ideas son aprobadas por las autoridades pertinentes, siguen su curso para alcanzar un marco legal que las instale definitivamente y garantice su observación y cumplimiento, y en caso contrario –incumplimiento–, imponer un castigo por el mismo.⁴⁴

2.6.3 Tecnologías solares

Las tecnologías solares pueden dividirse en dos grupos diferentes de acuerdo a su tipo de aplicación: las de concentración y las fotovoltaicas.⁴⁵

En: Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XLV (2012) 737-754 / ISSN: 1133-3677, pp. 737.753.

⁴⁴ UCHA, Florencia. *Definición de implementar*. [En línea] 12 de octubre de 2012. [Consultado 29 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/implementar.php>.

⁴⁵ CAMARGO, Laura y GARZÓN, Paula. *Evaluación de la implementación de energía solar fotovoltaica en la ganadería sostenible en Toca, Boyaca*. [En línea] 16 de noviembre de 2018. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en:

- Tecnología solar fotovoltaica

Entre 1955 y 1975 surgen las primeras empresas que comercializaron células basadas en semiconductores de silicio para aplicaciones destinadas, principalmente, al ámbito espacial o militar. En esta época se evoluciona en los procesos de fabricación y tratamiento de los materiales, pero el rendimiento de cada célula era muy bajo (alrededor del 10%) y, por tanto, el coste del kW/h muy elevado.

A partir de 1975 la tecnología fotovoltaica está suficientemente madura para su aplicación en la industria y, paulatinamente, en el ámbito doméstico. Se experimenta con distintos tipos de materiales semiconductores, como el arseniuro de galio aislado o en combinación con germanio. En 1980 la producción de paneles fotovoltaicos fue de 1500 kW anuales, y en 2007 de más de 2000 MW. Aun así, el rendimiento de la célula ronda en el mejor de los casos el 30% y el costo del kW/h sigue siendo elevado.

En la actualidad, la energía fotovoltaica se utiliza de forma aislada para generar pequeñas cantidades de electricidad en zonas alejadas de la red de transporte, o directamente como elemento de generación de energía eléctrica inyectada a red. Dependiendo del tipo de aplicación, se utilizan distintos materiales como el silicio amorfo o monocristalino, el telurio de cadmio o CIGS, y se sigue investigando en materiales y configuraciones que aumenten el rendimiento de la célula.

Típicamente las células se suelen agrupar por paneles que se emplazan en el lugar deseado. Existen distintas configuraciones en función del emplazamiento y la ubicación.

Para instalaciones domésticas se suele utilizar una configuración fija orientada en dirección norte-sur. Para aplicaciones industriales o de generación, se puede

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22386/1/EVALUACIÓN%20DE%20LA%20IMPLEMENTACIÓN%20DE%20GANADERIA%20SOSTENIBLE.pdf>.

mantener esta configuración. Sin embargo, existen cada vez más disposiciones de paneles sobre una estructura que rota alrededor de uno o dos de sus ejes. De esta forma se intenta aumentar el rendimiento de cada panel, maximizando la incidencia normal de la radiación solar sobre la célula.

Ilustración 6 Parque solar más grande de Colombia



Fuente: Portafolio

Desde el punto de vista de la producción, además de las células de silicio, los componentes fundamentales de una planta fotovoltaica suelen contener:

- **Inversores:** convierten la corriente continua, proveniente de los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna.
- **Transformadores:** elevan el voltaje de la corriente alterna, proveniente de los inversores, al adecuado para su conexión a una subestación de distribución.
- **Protecciones y aparellaje eléctrico:** necesario para llevar la alimentación a cada uno de los elementos de la planta y para entregar la energía producida a la red. El rendimiento de la instalación dependerá de los rendimientos de cada uno de sus componentes, así como de su correcto acoplamiento eléctrico.

- Tecnologías solares de concentración

Los dispositivos de concentración solar están formados por lentes o elementos reflectantes de gran área para colimar la radiación solar sobre un receptor. Esto permite obtener rendimientos térmicos elevados en una región del espacio y transformar la energía en trabajo.

Entre 1920 y 1970 se sustituyen los combustibles fósiles basados en el carbón por los derivados del petróleo y el gas natural. En esta época se avanza de forma esporádica en la mejora de los elementos existentes. Aparecen estudios y se construyen proyectos prototípicos que analizan sistemas de seguimiento con grupos de heliostatos inclinados, con receptor o caldera central. A esta época corresponden los proyectos desarrollados entre 1965 y 1969 en Genoa (Italia). También se construyeron varios hornos solares, tanto en Estados Unidos como en Europa, como el horno de Odeillo en el Pirineo Francés. Es a partir del comienzo de la crisis energética, con el aumento de los precios del petróleo de principio de los años 70 del siglo XX, cuando distintos tipos de tecnologías, y entre ellas la solar, experimentan un fuerte auge. Desde mediados de los 70 hasta principio de los 90 se han realizado la mayoría de los trabajos y diseños industriales en proyectos solares de concentración tal como se conocen hoy en día. Los Gobiernos, en colaboración con la industria privada, trabajaron financiando proyectos para evaluar el rendimiento y la utilidad de las aplicaciones de los distintos tipos de tecnología.

En la actualidad existen 4 tecnologías viables de concentración que comparten el mismo nicho de mercado que la fotovoltaica y las plantas de generación de electricidad de gas y carbón:

- Plantas de torre o receptor central: compuestas por un campo de heliostatos de forma circular con movimiento continuo. El campo concentra la radiación solar en un receptor situado en lo alto de una torre, que actúa como caldera. La recirculación de un fluido caloportador que absorbe la radiación, permite lograr vapor que es inyectado a una turbina para

generar electricidad. El campo de helióstatos suele moverse en dos de sus ejes (típicamente azimut y elevación) respecto al Sol.

Ilustración 7 Planta termo solar



Fuente: Periódico de la energía

- Plantas de colectores cilindro parabólicos (CCP): compuestas por varios metros de espejos con forma parabólica que consiguen concentrar la radiación solar en su foco. En este lugar se suele situar un tubo por el que circula un fluido térmicamente eficiente que absorbe la radiación colimada. Este fluido suele ser aceite sintético que alcanza temperaturas cercanas a los 400° C. Bombeando el fluido a tanques intercambiadores se consigue energía suficiente para mover una turbina. El campo suele pivotar sobre su eje central moviéndose de forma continua con el sol.

Ilustración 8 Plantas colectoras en forma de cilindros



Fuente: National Geographic

- Plantas de reflectores lineales de Fresnel (LFR): el diseño considera un sistema de foco en línea similar a los concentradores CCP, donde la radiación solar se concentra en un captador lineal invertido, elevado mediante una serie de reflectores casi planos. Posee las ventajas de bajos costes estructurales de apoyo, juntas de fluido fijas, receptor separado del sistema reflector y largas longitudes de foco que permiten el uso de cristal convencional, los colectores LFR han atraído una creciente atención. Se consideran como una alternativa tecnológica de coste inferior a la tecnología CCP. Los diseños recientes consideran materiales de reflector menos caros y componentes de captador que reducen el rendimiento óptico. Sin embargo, este rendimiento inferior se compensa por los bajos costes de inversión, operación y mantenimiento.

Ilustración 9 Planta solar lineal



Fuente: El periódico de la energía

- Plantas de Discos Stirling: formados por pequeñas unidades que componen una superficie en forma de disco que se mueve en dos ejes respecto al Sol. El disco concentra la luz sobre un receptor situado en su foco, donde se alcanzan temperaturas cercanas a 750°C . Recirculando un fluido se realiza una transferencia térmica que se utiliza para generar electricidad en microturbinas o motores Stirling colocados en el receptor.

Ilustración 10 Planta solar de discos

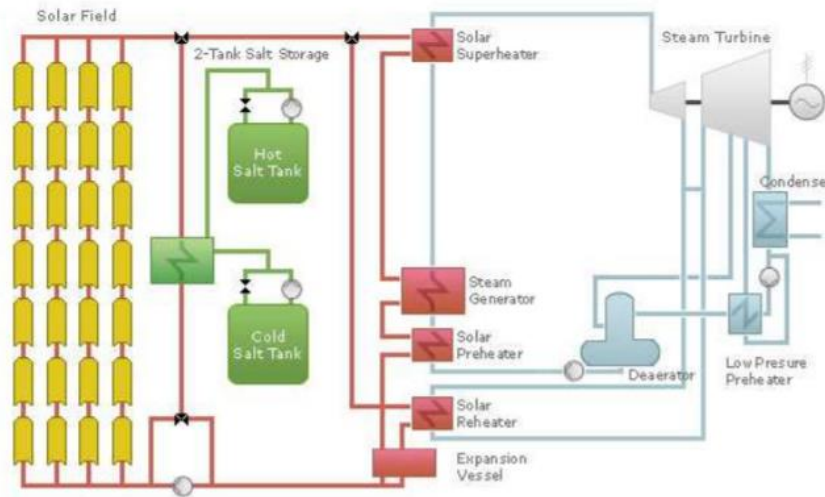


Fuente: La energía solar.org

2.6.4 Tecnología y Componentes en Plantas de CCP

Las plantas termo solares de cilindro parabólico están compuestas por líneas de espejos curvados en forma de parábola que consiguen concentrar la radiación solar en su foco. En este lugar se suele situar un tubo por el que circula un fluido térmicamente eficiente que absorbe la radiación concentrada. Se suele utilizar aceite sintético que alcanza temperaturas cercanas a los 400° C, aunque también se han realizado pruebas con otro tipo de fluidos, como el agua. Este tipo de fluido presenta gran variación de densidad con la temperatura, de forma que se puede almacenar en tanques de expansión, al mismo tiempo, el aceite frío junto con el aceite caliente proveniente del campo, estratificados a diferentes alturas (efecto de termoclina). El aceite frío se bombea desde la base del tanque, y el caliente se almacena en la parte superior. Si los tanques están aislados correctamente y considerando el poder calorífico del aceite, la temperatura en el interior se puede mantener durante varios días.

Ilustración 11 Elementos básicos de una planta solar



Fuente: Sun supply

Una vez se extrae el aceite frío de entrada al campo desde el tanque de expansión se sigue un circuito cerrado en el que el campo de colectores va aportando la radiación suficiente para elevar progresivamente la temperatura del fluido. Cuando se ha alcanzado el nivel de temperatura adecuado se bombea hacia tanques intercambiadores, donde se genera vapor. Conforme la temperatura del aceite va subiendo, la presión del vapor en el generador sube también, hasta alcanzar las condiciones mínimas admisibles a la entrada de la turbina. Así, la válvula de admisión comienza a abrir y deja pasar vapor a la turbina, que empieza a girar a velocidad creciente hasta alcanzar su velocidad de sincronismo. En ese momento se acopla el generador eléctrico a la red y se comienza a ceder energía eléctrica al exterior. La energía eléctrica generada es función de la cantidad de vapor con que se alimenta la turbina. El caudal de vapor a la turbina viene determinado por la energía térmica entregada por el campo de colectores, la cual, a su vez, es función de la energía solar disponible. En régimen permanente, el calor que se cede al intercambiador es aportado de nuevo por el campo solar.

En las plantas actuales, los diseños consideran sistemas de almacenamiento auxiliares.

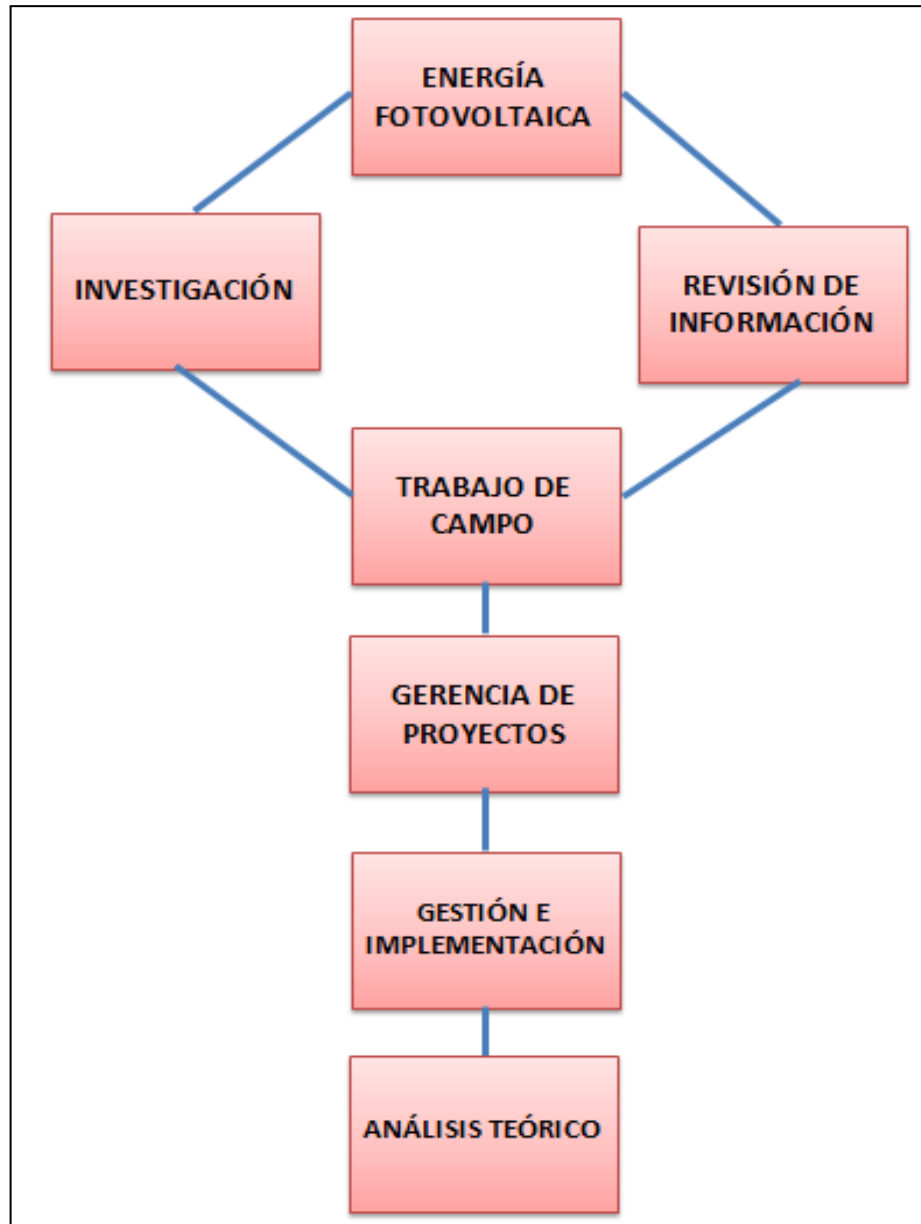
De esta forma, el exceso de energía que se produce durante la operación diaria se puede aprovechar en situaciones transitorias de nubes o para conseguir una operación en continua durante la noche. Para ello se están utilizando tecnologías de tanque de almacenamiento agua-vapor o sistemas de sales con punto alto de fusión.

Un campo solar de CCP está compuesto por un conjunto de lazos de tubos y espejos. El aceite más frío entra por el extremo de cada lazo y sale por el extremo contrario. Los lazos están dispuestos de formas paralelas y unidas entre sí, de forma que a la salida del campo cada uno aporta el volumen de aceite que ha calentado.

3 METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Ilustración 12 Metodología



Fuente: autoría propia

Como lo muestra la anterior figura, el pilar del proyecto es la energía fotovoltaica, por esto resulta necesario darle un enfoque investigativo mediante la revisión de la información, para así poder lograr trabajar en campo y, así mismo, crear una articulación con la gerencia de proyectos para elaborar un protocolo de gestión e implementación mediante el análisis teórico.

La investigación del presente proyecto es de carácter cualitativo, exploratorio, descriptivo e investigativo, puesto que se va a formular un protocolo para la gestión e implementación de la energía solar fotovoltaica. Además, se aborda la energía solar como un fenómeno y, en consecuencia, se miden sus conceptos y se definen variables para proponer el protocolo adecuado a implementar en el departamento de Cundinamarca.

El proyecto se dividirá en 3 fases, las cuales se definen a continuación:

FASE I: Para el cumplimiento del primer objetivo específico se lleva a cabo la recolección de información mediante el método de estudio exploratorio y descriptivo para así explorar el tema y analizar la energía fotovoltaica desde el punto de vista de las experiencias para su aprovechamiento.

FASE II: En concordancia con lo anterior se hará uso de un estudio descriptivo, de cara a describir la situación del uso de energía solar fotovoltaica en Cundinamarca en específico en los municipios de Fómeque y de Jerusalén, para así poder analizar los conjuntos de ideas para promover en la siguiente fase del proyecto.

FASE III: Posteriormente, se hará un estudio con un alcance explicativo, pues se busca ir más allá de la descripción de los conceptos, en esta fase se busca establecer un procedimiento metodológico (protocolo), para orientar la ejecución, implementación y mantenimiento de los sistemas de energía solar en los edificios públicos del departamento de Cundinamarca.

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Suite office Word, Excel, PowerPoint, etc.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para desarrollar el presente proyecto, se ha tomado una muestra en un lugar donde ya está implementado y funcionando el sistema fotovoltaico: planta de tratamiento de residuos sólidos, ubicada a 69,5 Km de la ciudad de Bogotá D.C., en el municipio de Fómeque, departamento de Cundinamarca. Para la cual se establecieron diferentes tipos de acercamiento con personal de la zona y/o funcionarios de la Alcaldía (Fómeque), quienes comentaron sobre las características principales de la planta de tratamiento de residuos sólidos, su necesidad de una alternativa energética renovable y eficiente. Confirmando, a su vez, entre sus principales características, la sostenibilidad del sistema, disminución de costos y mejoras ambientales en la región.

De la misma manera también se tiene el edificio de la alcaldía y dos escuelas del casco urbano del municipio de Jerusalén, que está ubicado a 131 Km y en el cual se han implementado 137 paneles solares, teniendo así un sistema de energía mixto con el cual se ha ayudado a disminuir el valor de los recibos públicos en un 50%, y a recibir al menos 6 horas de energía por día.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto tiene como alcance la creación de un documento que ayude a normalizar un conjunto de reglas, normas o instrucciones que permitan guiar o regular el suministro e instalación de un sistema fotovoltaico (efecto fotoeléctrico para convertir la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica) en edificios de uso institucional nuevos y antiguos del departamento de Cundinamarca, contribuyendo con el manejo de las energías renovables en el país y ayudando a la búsqueda de reducción de costos en gastos operacionales a corto y largo plazo en los edificios a través de bajos mantenimientos, baja contaminación (al no consumir combustibles ni generar residuos), siendo este un sistema de larga vida y que se puede manejar de forma compartida.

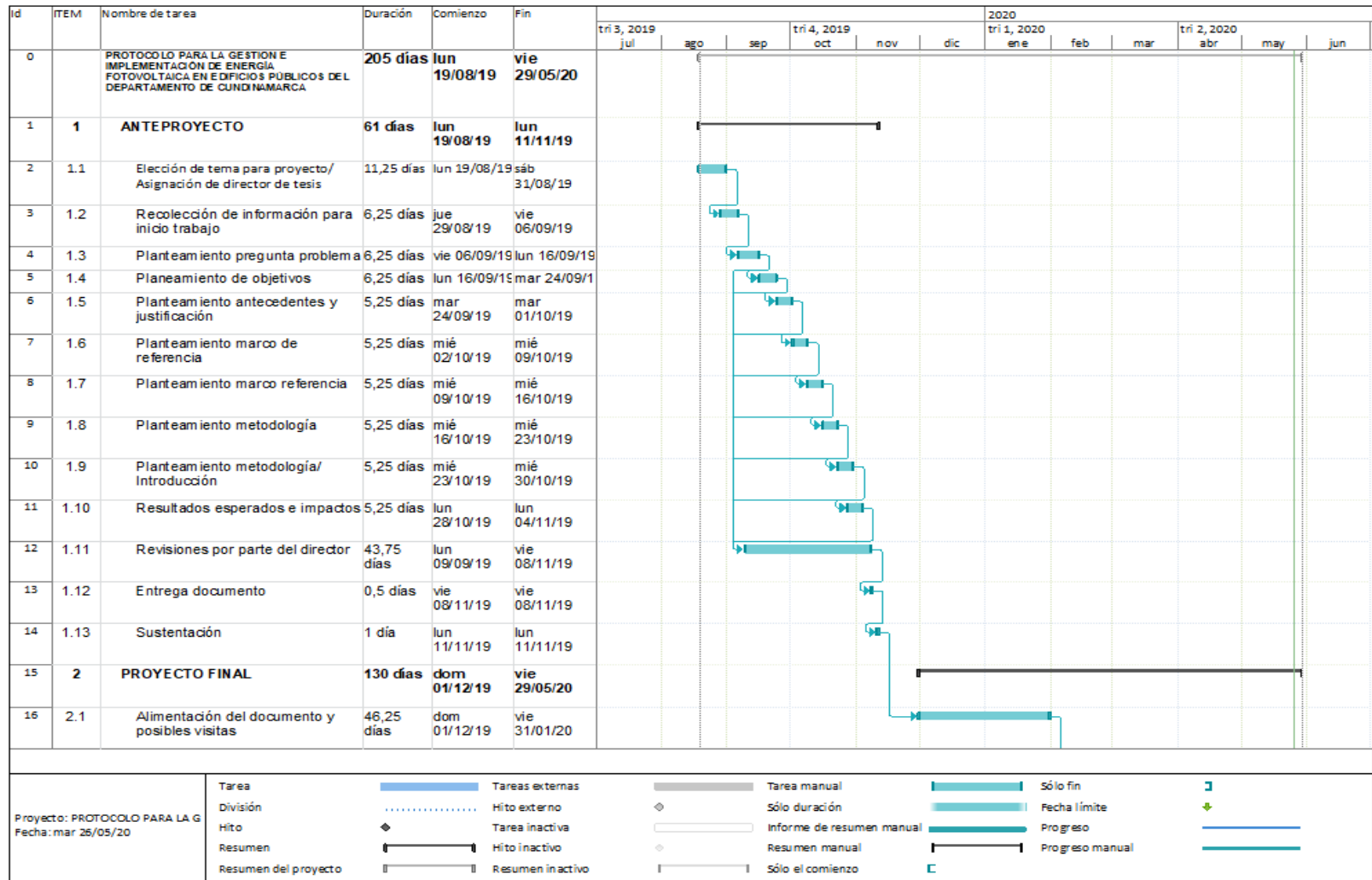
Las limitaciones que se encontraron para la implementación de este protocolo fueron:

- Limitado acceso a la información.
- Es un sistema intermitente. Aunque siempre está presente, no se sabe cuánta radiación solar tendremos en determinado punto. Puede haber nubosidad o lluvia que reduzcan su efectividad.⁴⁶
- Uso de espacios, aunque estos por lo general son instalados en las cubiertas, estas no siempre están libres, lo cual exige estructuras de soporte adicionales.

⁴⁶ MULTIMEDIA. *Ventajas y desventajas de los paneles solares en el hogar*. [En línea] 02 de mayo de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.multimedia.com.mx/blog/index.php/186-energia-solar-en-tu-casa-ha-llegado-el-momento>.

- Se requiere una inversión inicial no prevista, la cual solo retorna en transformación a mediano y largo plazo con menores pagos por el servicio eléctrico, operaciones y mantenimiento.

3.5CRONOGRAMA



3.6 PRESUPUESTO

Tabla 1. Presupuesto

PRESUPUESTO - ESTADO DE INGRESOS Y EGRESOS							
ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. CASO MODELO: MUNICIPIOS FÓMEQUE Y JERUSALEN							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR PPTO (\$)	INGRESOS	EGRESOS
A.	CAPITAL DE ENTRADA						
1.1	AUXILIO O PATROCINIO PARA LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO						
1.2	RECURSOS PROPIOS					\$ 16.160.000	
B.	GASTO						
1.	PRELIMINARES						
1.1	INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	GLB	1	\$ 300.000	\$ 300.000		\$ 300.000
1.2	REPLANTEO DE INFORMACIÓN	GLB	1	\$ 500.000	\$ 500.000		\$ 500.000
2.	EQUIPOS						
2.1	EQUIPOS DE COMUNICACIÓN (CELULAR, INTERNET, OTROS)	GLB	1	\$ 300.000	\$ 300.000		\$ 300.000
2.2	EQUIPOS, COMPUTADORES, TELÉFONO, FAX, ETC.	GLB	1	\$ 700.000	\$ 700.000		\$ 700.000
3	VISITAS						
3.1	VISITAS MUNICIPIOS VIAJE IDA Y REGRESO (2 PERSONAS)	GLB - DIA	4	\$ 80.000	\$ 320.000		\$ 320.000
3.2	TRANSPORTES	GLB	2	\$ 250.000	\$ 500.000		\$ 500.000
3.3	COMIDAS VISITA MUNICIPIO (2 PERSONAS)	GLB - DIA	4	\$ 50.000	\$ 200.000		\$ 200.000
3.4	REFRIGERIOS - CAFETERÍA	GLB	1	\$ 150.000	\$ 150.000		\$ 150.000
4	ENTREGABLES						
4.1	PAPELERÍA, ÚTILES, ETC.	GLB	1	\$ 400.000	\$ 400.000		\$ 400.000
4.2	SERVICIO DE IMPRESIÓN	GLB	1	\$ 150.000	\$ 150.000		\$ 150.000
4.3	CAFETERÍA, REFRIGERIOS, ETC.	GLB	1	\$ 240.000	\$ 240.000		\$ 240.000
5	OTROS - VARIOS						
5.1	OTROS GASTOS	GLB	1	\$ 500.000	\$ 500.000		\$ 500.000
5.2	HONORARIOS INGENIEROS	GLB	1	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000		\$ 9.500.000
5.3	ASESORÍAS VARIAS	GLB	1	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000		\$ 2.400.000
TOTALES					\$ 16.160.000	\$ 16.160.000	\$ 16.160.000

Fuente: autoría propia

3.7 EDT DICCIONARIO

Tabla 2. Diccionario EDT

EDT - DICCIONARIO							
PROTOCOLO PARA LA GESTIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA							
NIVEL	EDT CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PREDECESORAS	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	ENTREGABLES	VALOR (\$)	RECURSOS
1.	1.	PROTOCOLO PARA LA GESTIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA					
2.	1.1.	PRELIMINARES					
3.	1.1.1.	INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	N/A	Es la etapa anterior al trabajo, búsqueda de	Libros, artículos, informes, etc.	\$ 300.000	Biblioteca, internet y otros
3.	1.1.2.	REPLANTEO DE INFORMACIÓN	1.1.1.	Definir y medir la información recolectada	Toma de decisiones	\$ 500.000	
2.	1.2.	EQUIPOS					
3.	1.2.1.	EQUIPOS DE COMUNICACIÓN (CELULAR, INTERNET, OTROS)	1.1.1.	Conexión que permite el intercambio de información y comunicación	Envío de archivos, coordinación de citas y varios	\$ 300.000	Universidad, bibliotecas, redes de hogar y sitios privados
3.	1.2.2.	EQUIPOS, COMPUTADORES, TELÉFONO, FAX, ETC.	1.1.1.			\$ 700.000	
2.	1.3.	VISITAS Y COMESTIBLES					
3.	1.3.1.	VISITAS MUNICIPIOS VIAJE IDA Y REGRESO (2 PERSONAS)	1.1.2., 1.4.1., 1.5.1., 1.5.2.	Evaluación de procesos anteriores, análisis de sitios y zonas	Información, recopilación de datos, fotografías e informe final	\$ 320.000	Carro, cámaras, fotográficas, cintas de medición, videos, etc.
3.	1.3.2.	TRANSPORTES	1.3.1.			\$ 500.000	
3.	1.3.3.	COMIDAS VISITA MUNICIPIO (2 PERSONAS)	1.3.1., 1.3.2.			\$ 200.000	
3.	1.3.4.	REFRIGERIOS - CAFETERÍA	1.1.1., 1.1.2., 1.2.1., 1.2.2., 1.3.1., 1.4.1., 1.4.2., 1.5.1., 1.5.2. y 1.5.3.	Nutrición e hidratación	N/A	\$ 150.000	Restaurantes y cafeterías
2.	1.4.	ENTREGABLES					
3.	1.4.1.	PAPELERÍA, ÚTILES, ETC.	1.3.1., 1.3.2.,	Elementos de uso continuo, para toma de información observaciones y/o entrega de informes finales.	Informe proyecto	\$ 400.000	Hojas carta, carpetas, legajadores, clip, ganchos, etc.
3.	1.4.2.	SERVICIO DE IMPRESIÓN	1.1.1., 1.3.1., 1.3.2., 1.3.3.,			\$ 150.000	Cartuchos blanco y negro y cartuchos de colores
2.	1.5.	OTROS - VARIOS					
3.	1.5.1.	OTROS GASTOS	1.3.1., 1.3.2., 1.3.3., 1.3.4.	Gastos varios no previstos	N/A	\$ 500.000	N/A
3.	1.5.2.	HONORARIOS INGENIEROS	1.1.1.	Tarifas, resultados de procedimiento e indagaciones y indagaciones	Análisis de nueva información y ayudas	\$ 9.500.000	Consultorías, asesorías, técnicos, tecnólogos y ingenieros
3.	1.5.3.	ASESORÍAS VARIAS	1.1.1.			\$ 2.400.000	

Fuente: autoría propia

4 PRODUCTOS A ENTREGAR

PRODUCTOS A ENTREGAR		
TIPO	Nombre del producto	Fecha de entrega
ANTEPROYECTO DE GRADO (Documento)	Anteproyecto	8 NOVIEMBRE 2019
ANTEPROYECTO DE GRADO (Documento - ajustado)	Anteproyecto	22 NOVIEMBRE 2019
PROYECTO DE GRADO	Proyecto de grado	29 DE MAYO 2020.
INFOGRAFÍA	Infografía	29 MAYO 2020

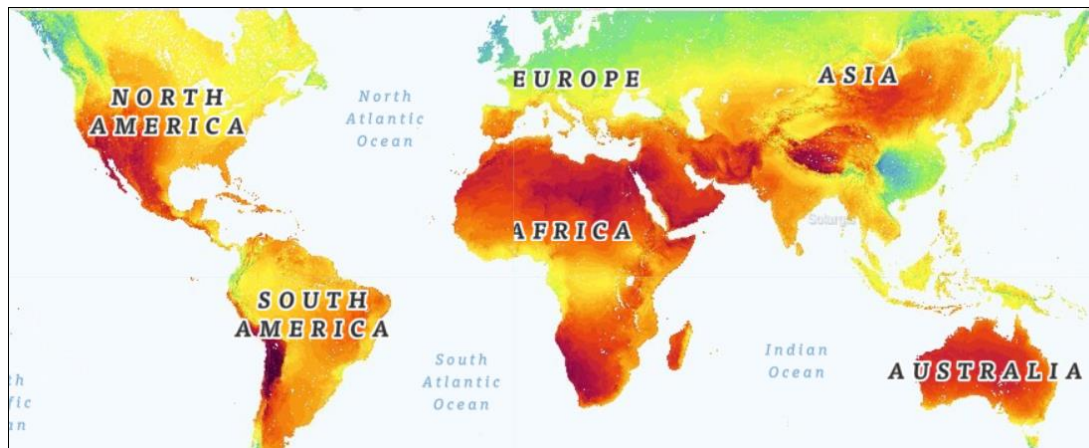
El entregable final del Proyecto de Grado consta de 5 subcapítulos que se encuentran a partir del siguiente apartado; en los cuales se encontrará el desarrollo de los objetivos desglosándolos y dando respuesta a lo planteado inicialmente. Se presenta detalladamente el caso de estudio que son los municipios de Fomeque y Jerusalén, se encuentra el desarrollo del análisis costo beneficio y por último se plantea el protocolo con el cual se da cierre al tema, seguidamente se encuentra la respuesta a las preguntas importantes, como lo son el aporte de los resultados a la gerencia, y como se responde a la pregunta de investigación, y como un plus a este proyecto se presenta como anexo una infografía que presenta de manera concisa y resumida el protocolo planteado.

5. ENTREGA DE RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS

5.1. LA ENERGÍA SOLAR COMO OPORTUNIDAD EN COLOMBIA

La energía solar proviene de los rayos emitidos por el sol, los cuales son transformados mediante los conocidos paneles solares, la energía solar fotovoltaica es una potencia puesto que la radiación que genera el sol es cada vez más alta. Como se puede observar en la siguiente ilustración, el planeta está expuesto de manera directa a los rayos solares, unos lugares más que otros, pero todos los países podrían generar energía con el uso del sol.

Ilustración 13 Mapamundi solar

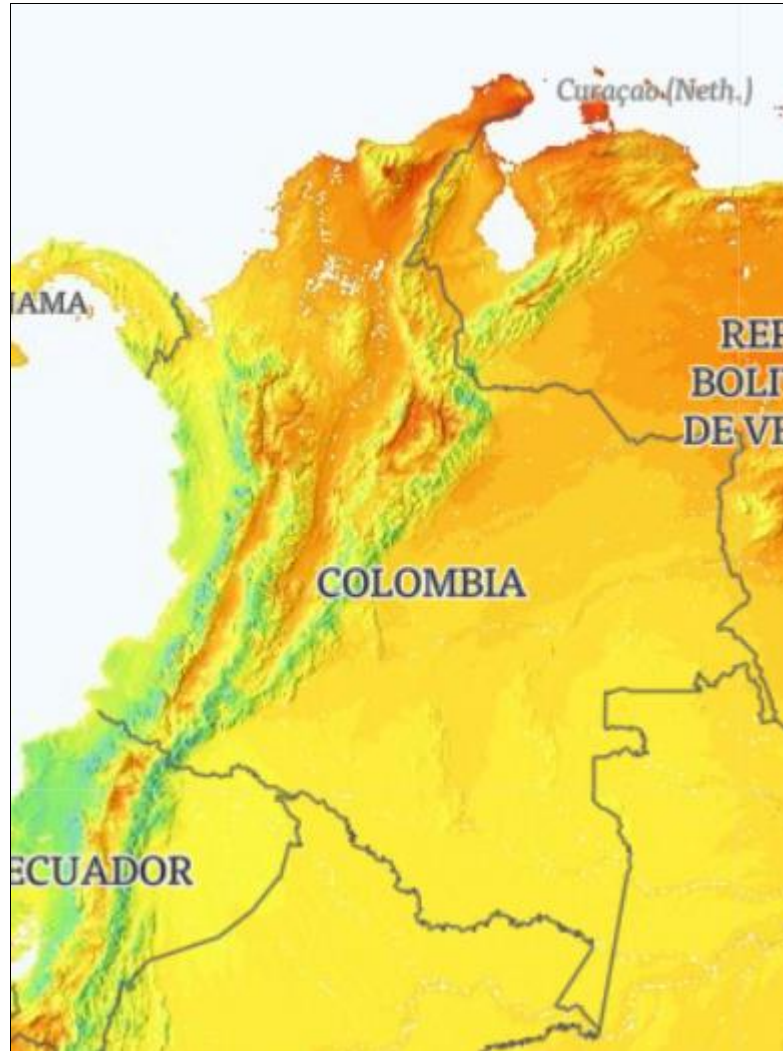


Fuente: Global solar atlas

Colombia es un país que tiene potencia para la generación de casi todos los recursos energéticos, el más usado es la hidroelectricidad, de donde viene la mayor cantidad de electricidad generada para el uso de sus habitantes, sin embargo, este muchas veces se ve afectado por las sequías a lo largo del país, pero hay otro motivo más profundo para adentrarse en los recursos energéticos, el cual es la energía solar, Colombia es un país potencia en la generación de energía solar por radiación, muchos lugares buscan tener una demanda de energía eléctrica más eficiente, o inclusive un acceso a la energía más económico ya que no es todos los

lugares se tiene la misma calidad de vida, en la ilustración se puede observar que gran parte del territorio nacional tiene alta radiación.

Ilustración 14. Energía solar en Colombia



Fuente: Global solar atlas

Lo anterior significa que la capacidad de generar electricidad mediante el uso de la energía solar es alta y su crecimiento en la implementación de estos medios proviene de la creación de normas a nivel local y global, una de las últimas es la resolución UPME 703 de 14 de diciembre de 2018 en la cual se establece que la compra e instalación de los paneles solares tienen como beneficio la exclusión de IVA.

La demanda energética en Colombia está atada al cambio climático, puede que no se tengan estaciones, pero muchas veces fenómenos como el de el Niño o la Niña pueden afectar la generación de energía eléctrica, específicamente la hidráulica, por ello se están buscando otras metodologías para la aplicación de la energía solar fotovoltaica para darle un mejor aprovechamiento a este recurso.

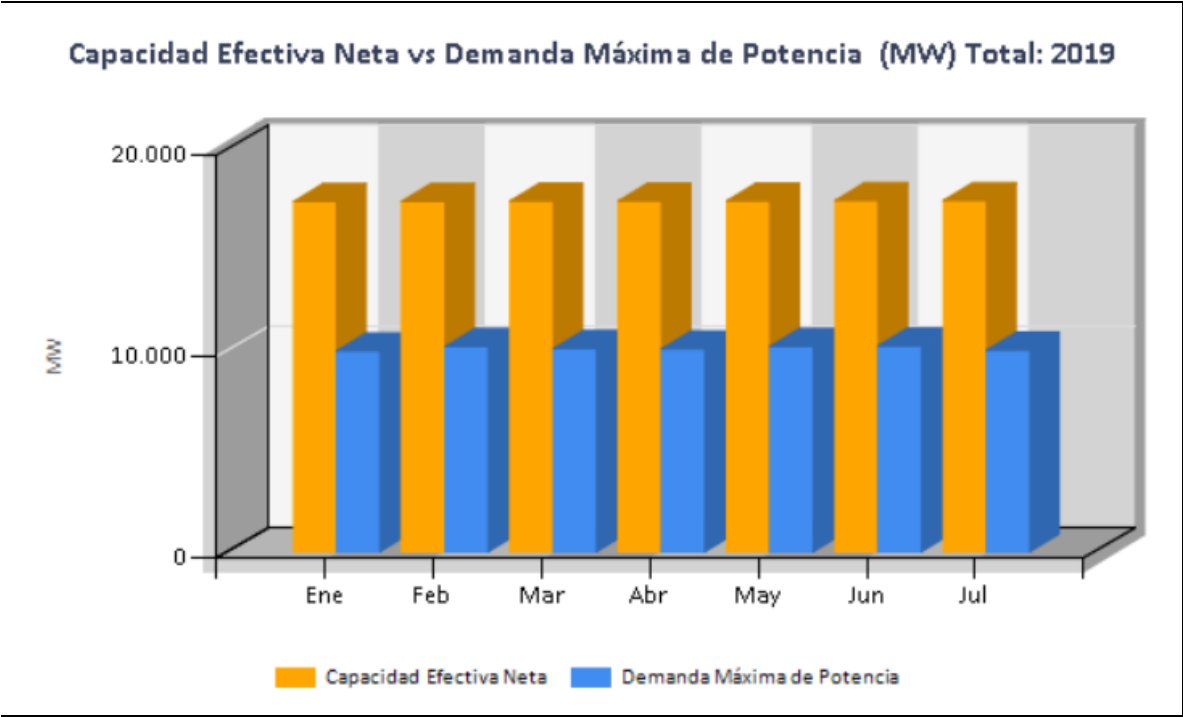
Con todo y eso se tiene un gran inconveniente, es que la mayoría de las partes no se fabrican en Colombia, también la distribución de los mismos es una gran limitación. Una gran parte de los proyectos de energía de este tipo están encaminadas a las zonas no interconectadas, esto es bueno porque le dan acceso a la energía a mucha gente, pero también es un inconveniente puesto que no se le está prestando importancia a zonas en las cuales se puede aprovechar y se puede complementar el consumo energético de cualquier tipo de edificación mediante el uso de energía mixta, la cual integraría los dos tipos de energía y generaría ahorros.

Con el uso de la energía solar se trata de buscar mejorar la calidad de vida de las poblaciones, construyendo los sistemas adecuados para cada necesidad en cada municipio, que podrían ser generadores domésticos, tejados solares e inclusive sistemas integrados.

Lo más importante de esto es que el abastecimiento de energía sea hecho de manera sostenible para así proteger las reservas de las materias primas, muchas empresas públicas y privadas le están apostando a este tipo de innovaciones, empresas como EPM (Empresas Públicas de Medellín), CELSIA, Solartex, entre otras. Y como entidad regulatoria se encuentra el ministerio de minas y energía el cual es el principal encargado de promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía.

La unidad de planeación minero-energética es una unidad administrativa especial que se encarga de realizar la planeación del desarrollo sostenible, esta unidad es la encargada de medir la demanda de energía en el país, a continuación, se observan los indicadores de demanda vs capacidad efectiva del año 2019.

Tabla 3. Capacidad efectiva neta vs demanda máxima de potencia 2019



Fuente: UPME- Indicadores de energía.

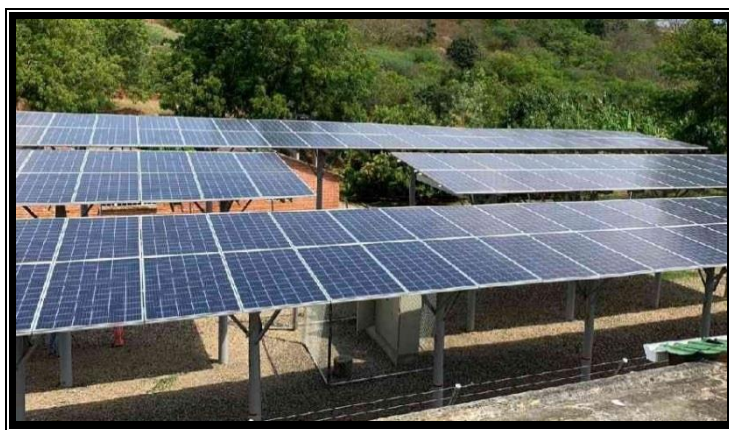
La gráfica muestra que la capacidad que pueden suministrar todas las plantas del país en condiciones normales de operación es mayor que la demanda eléctrica mensualmente en todo el país.

Sin embargo, todo esto es una articulación, que se no se logra de una manera sencilla, ya que se requiere tener un protocolo de seguimiento para elegir la ubicación idónea, un planeamiento previo, un excelente diseño, un alcance bien definido, un cronograma adecuado a las necesidades previstas.

5.2. JERUSALÉN Y FÓMEQUE EJEMPLOS DE USO DE ENERGÍA SOLAR

5.2.1. Municipio Jerusalén Cundinamarca

Ilustración 15 Paneles solares Jerusalén



Fuente: Revista Semana.

Necesidad o capacidad de 45 kilovatios pico – kWp.

Ubicaciones del sistema fotovoltaico:

- Alcaldía Municipal Jerusalén Cundinamarca.
- Institución Educativa Departamental Nacionalizada
- Escuela Municipal Antonio Nariño

El proyecto “Implementando una solución tecnológica para generar ahorros a nivel energético y económico, para la Alcaldía y el colegio del municipio, con una plataforma de monitoreo, esta solución incorpora componentes tecnológicos como Paneles Solares, Redes de comunicación, conversores y distribuidores.” ⁴⁷

⁴⁷ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE (CAR) CUNDINAMARCA. Portafolio de proyectos Jerusalén Municipio Ecosostenible. [En línea]

Ilustración 16 Paneles solares Jerusalén



Fuente: Revista Semana sostenible

Programa y planes de desarrollo, modelos Territoriales de forma integral de Eco sostenibilidad Ambiental, desarrollado por la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE (CAR) Cundinamarca.

El sistema ejecutado se compone de ciento treinta y ocho (138) paneles solares colocados y montados sobre estructura metálica con obras de infraestructura civil en el suelo para su adecuado apoyo, también cuenta con cuatro (4) inversores que sirven actualmente para al menos unas seis (6) horas de energía por día.

El propósito de la anterior es mitigar los efectos del cambio climático en el departamento de Cundinamarca específicamente en el municipio de Jerusalén y de

21 de febrero de 2019. [Consultado 16 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5dfbe0ef65c1e.pdf>

evaluación alternativas tecnológicas para implementar modelos energéticos en un futuro para que así el municipio sea autosostenible paulatinamente.

5.2.2. Municipio Fómeque Cundinamarca

Ilustración 17 Paneles solares Fómeque



Fuente: Autoría propia

Necesidad o capacidad de 16 kilovatios pico – kWp.

Ubicaciones del sistema fotovoltaico:

- Planta de residuos sólidos (zona de aprovechamiento).

El propósito principal es ayudar a mitigar los efectos del cambio climático en el departamento de Cundinamarca y de hacer una evaluación de alternativas tecnológicas que ayuden a implementar modelos energéticos que contribuyan con los gastos operativos del municipio de Fómeque; Este plan de implementación principalmente busca dar apoyo energético y económico para operatividad de la planta de residuos sólidos.

El sistema fotovoltaico, hace parte de la planta de residuos sólidos y del aula ambiental del centro de investigación agropecuaria y plantación para el manejo técnico y operativo de la planta de tratamiento y se compone de sesenta y cuatro (64) paneles solares montados sobre estructura metálica al costado del aula de investigación y planta de residuos con una infraestructura civil de refuerzo sobre el suelo como lo es dados en concreto, también cuenta con dos (2) inversores que sirve para al menos unas cinco (5) horas de energía por día.

5.2.3. Análisis costo-beneficio

De estos dos ejemplos en el departamento de Cundinamarca se efectúa un análisis costo – beneficio, con el fin de poder evidenciar la mejor conveniencia, la mejor toma de decisiones de los casos del municipio de Fómeque y del municipio de Jerusalén, frente a la aplicación del sistema en cada región; Y con esto poder establecer un conjunto de reglas mínimas de solución de problemas para según cada razonamiento tomar las acciones apropiadas. El primer elemento de entrada es realizar una matriz comparativa de diferentes componentes y elementos específicos que ayude a comprender con facilidad conceptos y logros a resolver.

Componente del sistema (municipio de Fómez)

- Paneles solares.
- Controlador de captación energía solar.
- Sistema de baterías.
- Inversor de energía.
- Estante de paneles solares.
- Elementos de protección.
- Computador para manejo controlador e inversor de energía.

Componente del sistema en la alcaldía, la escuela y el colegio departamental (municipio de Jerusalén)

- Paneles solares.
- Redes de comunicación.
- Controlador de captación energía solar.
- Sistema de baterías.
- Inversor o conversor de energía.
- Estante de paneles solares.
- Elementos de protección.
- Computador para manejo controlador e inversor de energía.

Identificación de beneficios de los tipos de energía utilizados

Energía tradicional (eléctrica)

- No requiere tantos costos iniciales, en su implementación y desarrollo.
- Es amigable con el ambiente, siempre y cuando se tenga un mayor control en su producción.

Energía fotovoltaica

- Es una fuente de energía inagotable.
- Es una energía limpia, por ser natural.
- No produce contaminación acústica.
- Bajos costos operacionales y bajos costos de mantenimiento.
- Simplicidad en la instalación.
- Es rentable en costos a largo plazo.
- Se puede utilizar en zonas donde no llega el tendido eléctrico (zonas rurales, campo, etc.).

IDENTIFICACIÓN DE LOS PERJUICIOS DE LOS TIPOS DE ENERGÍA

Energía tradicional (eléctrica)

- Altos niveles de contaminación de la atmosfera al producir gases, que genera su producción.
- No es amigable con el medio ambiente.
- Produce contaminación acústica.

- Se requiere mano de obra más especializada para su manejo, mantenimiento e instalación.
- Se requieren costos crecientes en baja medida por su uso y aumento de facturas.
- Altos costos de producción por su mayor demanda.

Energía fotovoltaica

- Mayor inversión inicial para su implementación y desarrollo.
- En algunos momentos puede ser intermitente debido a su radiación o nubosidad de la zona.
- Se requieren espacios a la intemperie, aunque estos por lo general son instalados en las cubiertas, estas no siempre están siempre libres.

MATRIZ BENEFICIOS - COSTOS (Energías Tradicional Vs Fotovoltaica)

Tabla 4 Análisis costo-beneficio

ELEMENTOS	ENERGIA FOTOVOLTAICA		ENERGIA ELECTRICA	
	BUENO	NEGATIVO	BUENO	NEGATIVO
BENEFICIOS				
Es amigable con el ambiente	1		1	
Es una fuente de energía inagotable	1			1
Es una energía limpia.	1			1
Produce contaminación acústica	1			1
Simplicidad en la instalación	1			1
Se puede utilizar en zonas rurales, campo, etc).	1		1	
Se requiere mano de obra más especializada para su manejo, mantenimiento e instalación	1			1
Puede ser intermitente debido a su radiación o nubosidad de la zona		1	1	
Se requieren espacios a la intemperie	1		1	
Se requieren espacios internos, cuartos etc	1		1	
COSTOS				
Costos iniciales, en su implementación y desarrollo		1	1	
Bajos costos operacionales y bajos costos de mantenimiento	1			1
Rentable en costos a largo plazo	1			1
Costo de implementación en zonas de difícil acceso	1			1
Costos de producción por su mayor demanda		1		1
TOTAL	12	3	6	9

Fuente: autoría propia

Resultado energía fotovoltaica 12 puntos buenos y 3 puntos negativos.

Resultado energía eléctrica tradicional 6 puntos buenos y 9 puntos negativos.

Nota: Parámetros de comparación y calificación entre alternativas de energía, este no juzga la funcionalidad de cada el sistema.

COSTOS (CALCULO DE ALTERNATIVA - KV)

Tabla 5 Análisis costo aproximado

ANÁLISIS APROXIMADO COSTO POR KILOVATIO						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	V. UNITARIO	V. TOTAL	OBSERVACIONES
1	COMPONENTES SISTEMAS FOTOVOLTAICO				\$ 8.196.000	
1.1	Paneles solares.	UND	3	\$ 710.000	\$ 2.130.000	Paneles solares de 1m x 2m
1.2	Redes de comunicación.	GLB	1	\$ 1.750.000	\$ 1.750.000	Sistema de red comunicación y medidor de KV del sistema
1.3	Controlador de captación energía solar.	UND	1	\$ 165.000	\$ 165.000	
1.4	Sistema de baterías.	UND	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	Sistema de baterías compuesto por 8 und de 12V
1.5	Inversor o convertidor de energía.	UND	1	\$ 318.000	\$ 318.000	Cada inversor tiene una capacidad para trabajar en cerca de 35 a 39 paneles solares
1.6	Elementos de protección.	UND	1	\$ 283.000	\$ 283.000	Sistema de elementos de protección
1.7	Computador para manejo controlador y inversor de energía	UND	1	\$ 1.550.000	\$ 1.550.000	Básico
2	OBRA CIVIL				\$ 3.784.640	
2.1	Excavación manual de Dados (incluye retiro)	M3	1,4	\$ 56.000	\$ 80.640	Cantidad estimada para cuatro dados
2.2	Estructura metálica	GLB	1	\$ 596.000	\$ 596.000	Estructura acondicionada para un sistema de tres (3) paneles solares
2.3	Concreto dados (armado fundida)	M3	3	\$ 794.000	\$ 2.382.000	Concreto de 3000PSI
2.4	Acero de refuerzo	Kg	165	\$ 4.400	\$ 726.000	Suministro incluye amarre acero
COSTOS DIRECTOS					\$ 11.980.640	
ADMINISTRACIÓN				20%	\$ 2.396.128	
IMPREVISTOS				5%	\$ 599.032	
VALOR TOTAL					\$ 14.975.800	

Fuente: autoría propia

Podemos determinar que la eficiencia del sistema es relativamente baja, por sus grandes costos iniciales de inversión, para que el sistema pueda producir la cantidad de kilovatios (Kv) necesarios, para cubrir la demanda se necesita un área de instalación grande; lo cual se puede ver en el caso del municipio de Jerusalén se necesitara para la alcaldía el colegio y la escuela una cobertura diaria aproximada de 45 kilovatios pico, se observa instalación de 137 paneles solares, los cuales solo tiene una cobertura para 6 horas de energía al día.

Uno de los beneficios que se pueden observar con este análisis, es que no necesita transporte a una larga distancia y se analiza que también es autosuficiente se abastece por sí misma.

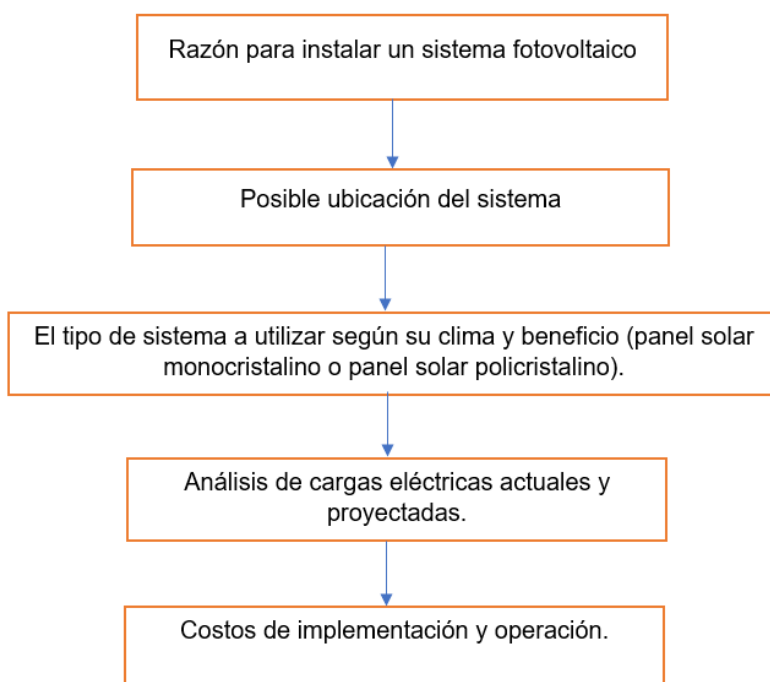
También se puede observar y determinar que su sistema de almacenamiento genera un gran incremento en costos, por ser una energía renovable para estar de uso ininterrumpido durante su captación y su almacenamiento para posterior utilización solo se puede a través de baterías, estas planteadas para sustituir en los instantes de demanda de corriente que no sean posibles de cumplir, por estar en baja captación (nubosidad, lluvias, etc.) o no contar con el sol (horas nocturnas).

5.3. PROTOCOLO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

Este protocolo nace principalmente con el fin de ayudar a la implementación de energías renovables en los edificios municipales del departamento de Cundinamarca, edificios que actualmente tiene un gran consumo energético en su operación; Con una buena incorporación de energías renovables como lo es la energía fotovoltaica en los municipios ayudaríamos a generar ahorro de recursos y que estos puedan ser invertidos en otras labores sociales.

El concepto vital nace de analizar a detalle el alcance del proyecto y antes de cualquier cambio en su concepción, identificar principalmente:

Ilustración 18 Fases protocolo



Fuente: autoría propia

Fase I

En esta fase lo primordial es responder estas preguntas

- ¿Cuál es la razón principal para instalar un sistema fotovoltaico?
- ¿Se tiene una necesidad que se podría solventar con la instalación de un sistema fotovoltaico?
- ¿Se tiene la capacidad económica para instalar un sistema de estos? Sabiendo que la inversión inicial puede ser un valor elevado
- ¿Se tiene la capacidad de tener personal que se encuentre capacitado técnicamente para el diseño y el desarrollo?
- ¿Se tiene la capacidad de operar y mantener adecuadamente un sistema fotovoltaico?
- Con la implementación de estos sistemas fotovoltaicos ¿Se puede garantizar la sostenibilidad integral del mismo usado como energía renovable?

Son muchas preguntas las que pueden surgir en esta fase si a la mayoría se responde de manera afirmativa, se puede seguir a la siguiente fase.

Fase II

Una vez se conoce la necesidad primaria se puede proceder a buscar cual sería la ubicación optima del sistema fotovoltaico, para esta se debe cumplir alguno de los siguientes requisitos:

- Infraestructura civil.
- Estructura metálica.
- Techos verdes.
- Fachadas amigables.

Teniendo cualquiera de estos requisitos es posible adecuar el sistema fotovoltaico de una manera que reciba la energía solar durante la mayor cantidad de tiempo, lo cual implicaría que se podría usar en las horas de mayor demanda.

Fase III

Agregando a lo anterior se debe elegir el tipo adecuado de panel solar según el clima, ya que en Cundinamarca se poseen todos los pisos térmicos, y al elegir adecuadamente entre el panel solar monocristalino o panel solar policristalino se puede sacar el máximo provecho del mismo.

Fase IV

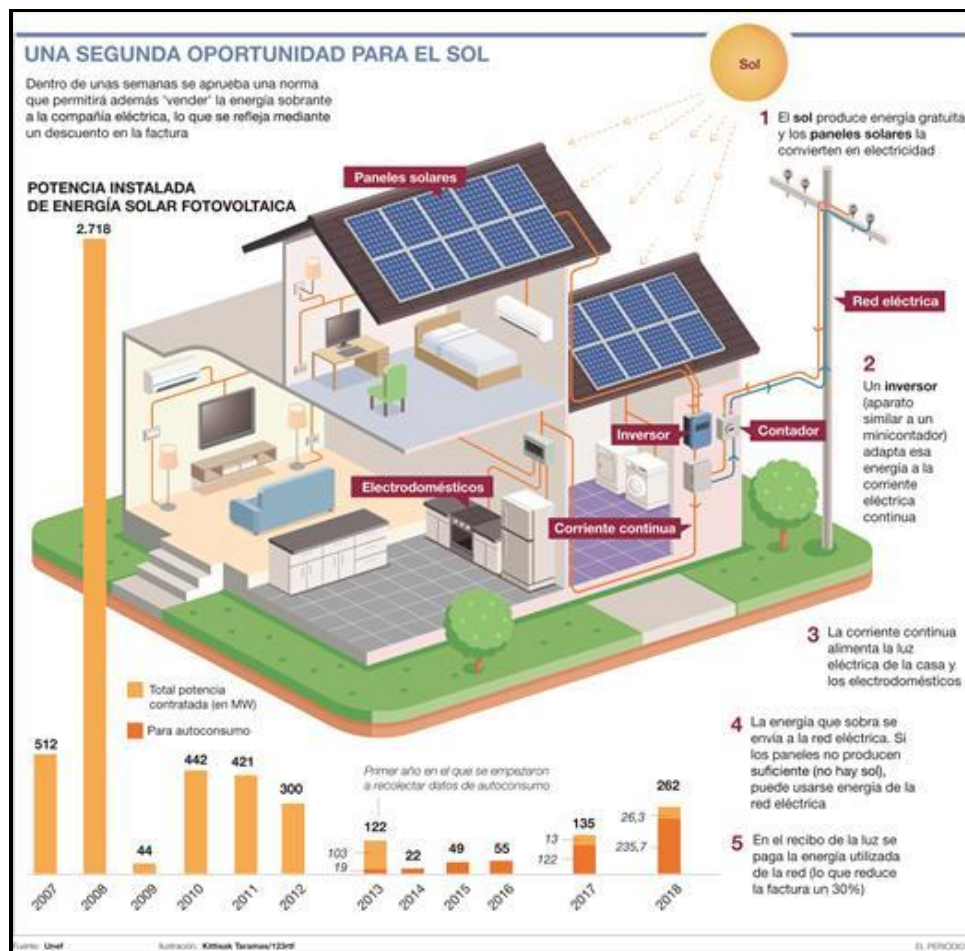
Se efectúa el análisis de cargas eléctricas actuales y proyectadas, ya que como se usará el sistema fotovoltaico y el sistema de energía eléctrica (sistema mixto) este funcionará para saber cuánto se disminuirá la carga al sistema de energía eléctrica y cual será posiblemente la carga del sistema fotovoltaico.

En esta fase podrían surgir diferentes alternativas las cuales se pueden evaluar mediante la factibilidad del proyecto (lo que implica: razón de instalación, posible ubicación, sistema a usar), para así al final de esta llegar a la elección de la alternativa que más se ciña con la necesidad actual del edificio y el consumo

Fase V

Con todo y lo anterior se puede hacer el análisis de costos de implementación y operación de la instalación del sistema fotovoltaico, el cual generaría un recurso económico que se necesitaría, el cual probablemente es una inversión alta, de la cual no se tendrá el retorno muy rápidamente, pero a un futuro si se podrá observar la disminución de los costos en facturas y de la misma manera contribuir a la sostenibilidad del medio ambiente.

Ilustración 19. 2da oportunidad para el sol



Fuente: El periódico Aragón/noticias/economía⁴⁸

Como anexo C. se presenta una infografía del protocolo, la cual se hace para que este protocolo sea de mayor entendimiento y se pueda usar como una guía general para la instalación de paneles solares.

⁴⁸ EL PERIÓDICO DE ARAGÓN/NOTICIAS/ECONOMÍA. La caída de precios de las placas solares impulsa el autoconsumo. [En línea] 04 de marzo de 2019 [Consultado 01 de mayo de 2020] Disponible en: https://www.elperiodicodearagon.com/noticias/economia/caida-precios-placas-solares-impulsa-autoconsumo_1346762.html.

5.4. APOORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS.

El análisis de la información se realizó a través de la compilación de resultados examinando y analizando diferentes investigaciones del tema principal energía fotovoltaica (energía renovable), para a través de estas consultas tener nuevos conocimientos, referencias y experiencias adquiridas. Siendo este uno de los procedimientos más importantes porque a través de este pudo determinar si los proyectos de referencia tuvieron éxito o no y que sería lo mejor para complementarlos.

La selección de información, se realiza con el fin de garantizar que cada uno de los documentos que haga parte integral del presente, contenga la calidad y generen valor de acuerdo a la situación o caso seleccionado. Y el análisis de los datos y sucesos de forma cualitativa o cuantitativa, para que sus resultados ayuden con la construcción del protocolo.

Todo lo anterior para aplicar los conocimientos adquiridos durante la especialización, los cuales sirven para ahondar más en la innovación, en la transformación de las industrias soportadas en recursos y en las capacidades que tienen las empresas, es por ello que se vuelven competitivas y productivas. Así, pues, se generan nuevas metodologías para forjar y gerenciar proyectos teniendo resultados positivos con las cuales se puedan hacer verificaciones de desempeños.

Pero aún se tiene que añadir la capacidad de adecuarse los medios que se presentan en la toma de decisiones para desarrollar las ventajas competitivas de las innovaciones presentadas en la metodología, lo cual es un diferenciador, una fortaleza que explicaría una posible rentabilidad superior al ajustar los sistemas fotovoltaicos.

Estos resultados obtenidos nos han generado nuevos conocimientos, aportes personales y de crecimiento profesional, porque a través de ellos nos han ayudado a

mejorar la forma de realizar las gestiones administrativas, en cuanto a la orientación, iniciación, planificación, proyección, ejecución, control y cierre de actividades en los procesos de un proyecto.

Otra contribución importante obtenida, está en la forma de aprender a manejar y asignar los recursos de un proyecto a corto, mediano y largo plazo, no solo por cumplir con el alcance en el tiempo establecido, sino por la proyección de disminuir los costos operacionales y de mantenimiento.

Una contribución importante que se quiso conseguir fue la de tener otro caso ejemplo, análisis de lecciones aprendidas que aporte y ayude a la tendencia de promover la integración de proyectos de energía renovables; con procedimientos mejorados que ayuden al desarrollo del departamento de Cundinamarca y el país.

Se logró ampliar un contenido de impacto ambiental, para que con el correcto uso de las actividades humanas con los recursos y un conjunto de reglas definidas para energías renovables (fotovoltaicas), sirvan como ejemplo en el desarrollo de nuevos compromisos por Colombia en la implementación de energía limpia y que a su vez disminuya el uso de las fuentes tradicionales.

Con este aporte se pudo obtener una visión global para futuros desarrollos de proyectos de energía renovable (fotovoltaica) y se obtuvieron algunos aspectos adicionales a tener en cuenta en el momento de ejecutarlos y supervisarlos.

Este protocolo generó diferentes tipos de reflexiones que contribuyen con la finalidad de la ingeniería civil y con la correcta forma de hacer planeamientos gerenciales al conocer las gestiones realizadas, con el uso, manejo y control de los recursos.

5.5. CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

En concreto, se responde a la pregunta de investigación con la generación del protocolo el cual señala cuales serían los pasos adecuados para poner en funcionamiento un sistema de energía fotovoltaica de manera ágil y efectiva.

Además, con este protocolo se ayuda con la mejora continua de las exigencias de la Ingeniería Civil en la resolución de problemas a las necesidades de las comunidades del departamento de Cundinamarca y del país.

6. CONCLUSIONES

El análisis costo beneficio ayuda a la administración de los edificios institucionales a tomar decisiones y a buscar los recursos de forma ágil, para que se pueda implementar el sistema de energía renovable, disminuyendo costos y ayudado a disminuir la contaminación del medio ambiente.

Las visitas realizadas a los municipios de Fómèque y Jerusalén del departamento de Cundinamarca, permitieron acceder a los problemas que se presentaron durante la implementación e instalación de los sistemas fotovoltaicos, conocer los componentes tecnológicos y con esto se construye una guía básica bajo los parámetros básicos de energía sostenible renovable.

Con el análisis métrico costo-beneficio se puede observar el retorno de la inversión a largo plazo, al existir un menor valor en el pago del recibo de luz con el uso de una energía alternativa limpia que reemplaza a la energía eléctrica convencional.

Después de analizados los componentes de cada sistema en los municipios seleccionados, se puede identificar que se reduce significativamente los costos en pagos de servicio de luz en consumos de electricidad y dejan de invertirse recursos adicionales por la funcionalidad el sistema (fotovoltaico), que necesita pocos gastos en funcionamiento y mantenimiento, llegando a pensar en alternativas para sustituir otras necesidades locales.

Se logró evaluar dos proyectos con energía renovable de las administraciones públicas en edificios de uso institucional, ayudando con esto a disminuir la contaminación ambiental, a través del análisis de casos de lecciones aprendidas que aportaron y ayudaran a la tendencia de promover la integración de proyectos de energía renovables en el país.

Se logró ampliar el contenido de impacto ambiental, para con un conjunto de reglas para el uso de las energías renovables (fotovoltaicas) ayudar a buen uso de los recursos del país.

Se pudo valorar el potencial de las energías renovables, a través del uso de tecnologías que actualmente se están utilizando y que se han podido adoptar para soluciones contaminación ambiental.

Este proyecto contribuye con gestiones e instrumentos de trabajo, recursos humanos y materiales necesarios, que se requieren para la ejecución y producción de energía limpia como compromiso de mejora de nuestro medio ambiente.

Con la revisión de estos casos se complementa a la actualidad un conjunto de pautas, que guiaran de forma clara y eficiente la implementación de este tipo de actividades de uso renovable en los edificios institucionales.

Con este protocolo se contribuye al mejoramiento de las habilidades, correcta organización y buen desempeño de los ingenieros civiles, en la coordinación de actividades de proyectos de energía renovable.

Se contribuye con la ampliación de conocimientos y con la proyección de futuros desarrollos de proyectos de energía renovable, que ayudaran y contribuirán a cuidar nuestro planeta; Todo esto a través de una gestión ágil en el análisis de infraestructuras actuales, métodos para diseño, en suministros y mantenimientos de sistemas de energía solar fotovoltaica en edificios de uso institucional.

Este protocolo ayuda al incentivo de la energía renovable (fotovoltaica) en los edificios institucionales, porque hace ver que lo que más favorece la técnica de proveer ininterrumpidamente energía es que sea de forma directa sin almacenamiento y en los edificios de uso institucional su mayor demanda existe en las horas de trabajo horas hábiles, donde concurre una mayor captación de luz solar. Lo que además ayudaría a disminuir costos en su implementación por no requerir grandes espacios de almacenamiento y compras iniciales de bancos de baterías.

BIBLIOGRAFÍA

ACCIONA. *Energía solar fotovoltaica y su contribución*. [En línea] 22 de marzo de 2018. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>

ALVARENGA CALHEIROS, Alexandre; FERREIRA, Vitor Hugo y ZAMBOTI FORTES, Marcio. *Energía solar fotovoltaica: Uma Aplicação na irrigação da agricultura familiar*. [En línea] Diciembre de 2014 [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irigacao_da_Agricultura_Familiar

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES APPA. *¿Qué es la energía fotovoltaica?* [En línea] 04 de 2018. [CONSULTADO 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>

BENTAHHER, Hatem. *A simple tracking system to monitor solar PV panels*. [En línea] Febrero de 2014 [Consultado 02 de noviembre de 2019] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273531996_A_simple_tracking_system_to_monitor_solar_PV_panels

BRAVO, Víctor (Comp.). *Introducción a los impactos ambientales sobre los recursos naturales*. [En línea] Abril de 2015. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2016/12/INTRODUCCION-A-LOS-IMPACTOS-AMBIENTALES-VB-2015.docx1_.pdf

CAMARGO, Laura y GARZÓN, Paula. *Evaluación de la implementación de energía solar fotovoltaica en la ganadería sostenible en Toca, Boyaca*. [En línea] 16 de noviembre de 2018. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22386/1/EVALUACIÓN%20DE%20LA%20IMPLEMENTACIÓN%20DE%20GANADERIA%20SOSTENIBLE.pdf>.

CANTRELL, Victoria. *The history of solar power*. [En línea] 29 de junio de 2017. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.experience.com/advice/careers/ideas/the-history-of-solar-power/>

CENTRO DEL CAMBIO GLOBAL Y LA SUSTENTABILIDAD, A.C. *¿Qué es sustentabilidad?* [En línea] 14 de marzo de 2014. [Consultado el 19 de octubre de 2019.] Disponible en: <http://ccgss.org/sustentabilidad/>.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1715 de 2014, Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Diario Oficial 49,150 del martes 13 de mayo de 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 1670 de 2017, Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de energía solar fotovoltaica y se toman otras determinaciones. Diario Oficial No. 50.335 de 24 de agosto de 2017.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2143 de 2015, Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014. Diario Oficial No. 49.686 de 04 de noviembre de 2015.

CORNARE. *Licencia ambiental y diagnóstico ambiental de alternativas*. [En línea] 17 de junio de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.cornare.gov.co/index.php/tramitesyservicios/tramites-ambientales/licencia-ambiental..>

EL ESPECTADOR. Sección Redacción Vivir. *Colombia estrena mapas eólicos y de radiación solar*. [En línea] 28 de diciembre de 2015. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-estrena-mapas-eolicos-y-de-radiacion-solar-articulo-595763>.

ERAZO CHECA, Francisco y ERAZO De La CRUZ, Olger. *Potencial natural para el desarrollo fotovoltaico en Colombia*. [En línea] 14 de junio de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: https://www.academia.edu/35071624/Potencial_Natural_para_el_Desarrollo_Fotovoltaico_en_Colombia

ESCUELA EUROPEA DE GERENCIA. *Gerencia y gestión ¿es lo mismo?* [En línea] 19 de abril de 2015. [Consultado 15 de octubre de 2019.] Disponible en: <http://www.eegerencia.eu/gerencia-y-gestion-es-lo-mismo/>.

ESPAZO ABALAR (Repositorio). *Recurso renovable*. [En línea] 05 de octubre de 2006. [Consultado 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1496316230/contido/Recurso%20renovable.pdf>

ESTÉVEZ, Ricardo. *Las 10 definiciones ecointeligentes que debes conocer*. [En línea] 15 de febrero de 2013. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/10-definiciones-sostenibilidad/>.

FERNÁNDEZ Y VÁSQUEZ, Jorge J. *Antecedentes históricos del protocolo y su influencia a través de la historia en los estados, en la sociedad y en la política en España y Europa*. En: Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XLV (2012) 737-754 / ISSN: 1133-3677, pp. 737.753.

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. *Estadísticas de Cundinamarca*. Bogotá, 2013. Documento sin más datos.

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. *Historia del departamento de Cundinamarca*. [En línea] 11 de noviembre de 2018. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/historia.html>.

IGLESIAS MENÉNDEZ, Abelardo y LOMBARDERO RODIL, José Luis. *Energía solar térmica* (Prólogo). [En línea] Sin fecha. [Consultado 03 de noviembre de 2019] Disponible en: http://fundacionconfemetal.com/media/blfa_files/Energ_a_Solar_t_rmica_P_ginas.pdf

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. *Evaluación de la irradiación global en horizontal Colombia*. [En línea] 15 de noviembre de 2017. [Consultado 28 de octubre de 2019] Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Evaluacion-de-la-Irradiacion-Global-Horizontal-en-Colombia.pdf>.

LLAMAS, Juan Manuel. *Qué son los objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y la Agenda 2030*. [En línea] 28 de septiembre de 2017. [Consultado el 12 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.greenglobe.es/los-objetivos-desarrollo-sostenible-ods-la-agenda-2030/>.

MÁXIMO SOLAR. *¿Cómo funciona?* [En línea] 15 de abril de 2015. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.maximosolar.com/es/aprende/como-funciona>.

MR SOLAR. *What is the Photovoltaic Effect?* [En línea] 14 de junio de 2017. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.mrsolar.com/photovoltaic-effect/>

MULTIMEDIA. *Ventajas y desventajas de los paneles solares en el hogar.* [En línea] 02 de mayo de 2016. [Consultado 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.multimedia.com.mx/blog/index.php/186-energia-solar-en-tu-casa-ha-llegado-el-momento>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. *Conceptos importantes.* Editorial de la OMS, 2005. Sin más datos.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS OCDE. *Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo.* [En línea] 14 de junio de 1992. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

PORTAFOLIO. *Energía positiva.* [En línea] 25 de septiembre de 2017. [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.pressreader.com/colombia/portafolio/20180918/282991105814188>

PORTAFOLIO. *Inaguran el parque solar más grande de Colombia.* [En línea] 05 de abril de 2019. [Consultado 01 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/inauguran-el-parque-solar-mas-grande-de-colombia-528264>.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del Pmbok. [En línea] 17 de mayo de 2018. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <https://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>.

RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. En: Revista de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia, rev. Ing. ISSN. 0121.4993. Noviembre de 2008, pp. 83-89.

RODRÍGUEZ URREGO, Leonardo; VALDERRAMA MENDOZA, Mateo; GARCÍA LEÓN, Herberth y OCAMO, Pablo César. *La gestión para cadena de suministro de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia y su situación actual*. En: Avances: Investigación en Ingeniería. Vol. 15, No. 1, 2018, pp. 112-130.

ROPER, David L. *World Photovoltaic Energy*. [En línea] 06 de abril de 2016. [Consultado 24 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.roperld.com/science/worldphotovoltaicenergy.htm>

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Diego y EGEA Jiménez, Carmen. Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socioambientales. Su aplicación en el estudio de los adultos mayores. En: Revista Pap. poblac vol.17, No. 69 Toluca jul./sep. 2011, s.p.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. *Demografía,población y diversidad*. Bogota-Cundinamarca, 2014. Documento sin más datos.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Plan de Ordenamiento Territorial POT. [En línea] 05 de 2016. [Consultado el 15 de octubre de 2019] Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/que-es>.

SMITH, Charles. *Diferencias entre silicio monocristalino y multicristalino o policristalino*. [En línea] 06 de septiembre de 2019. [Consultado 23 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino/>.

SOLAR ENERGY. *Energía solar*. [En línea] 09 de octubre de 2019. [Consultado 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://solar-energia.net>.

TEBA, Cristina. *¿Qué es consumo energético?* [En línea] 12 de febrero de 2019. [Consultado el 18 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www2.dexma.com/es/que-es-consumo-energetico/>.


UCHA, Florencia. *Definicion de implementar*. [En línea] 12 de octubre de 2012. [Consultado 29 de octubre de 2019] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/implementar.php>.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA – UPME. *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050*. [En línea] 25 de enero de 2017. [Consultado 03 de noviembre de 2019] Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Plan-Energetico-Nacional-Ideario-2050.aspx>

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A. COTIZACIÓN 1.

	SOLICITUD DE COTIZACION		FAE-CT-518	
			Version: 01	
			11/01/15	

CLIENTE	Natalia	TELEFONO	3142664164
FECHA DE SOLICITUD:	19/03/2020		
PROYECTO:	SOLAR FOTOVOLTAICO		

Concepto de Solicitud:

<input checked="" type="checkbox"/> Materiales	<input type="checkbox"/> Servicios	<input type="checkbox"/> Dotacion FAE
<input type="checkbox"/> Insumos	<input checked="" type="checkbox"/> Equipos	<input type="checkbox"/> Otro

Si Coloca Otro Especifique: _____

PRODUCTO Y/O SERVICIO A REQUERIR					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	V/ UNIT	V/ TOTAL
1	Panel solar Mono PERC 385w	UNID	1	\$ 635.250	\$ 635.250
TOTAL				\$	635.250




OBSERVACIONES
<p>Esta propuesta no incluye flete de envio</p> <p>Los productos se entregan en la Tienda Solar</p>

REALIZADO POR:

NOMBRE:	GONZALO SAAVEDRA
CARGO:	ASESOR COMERCIAL

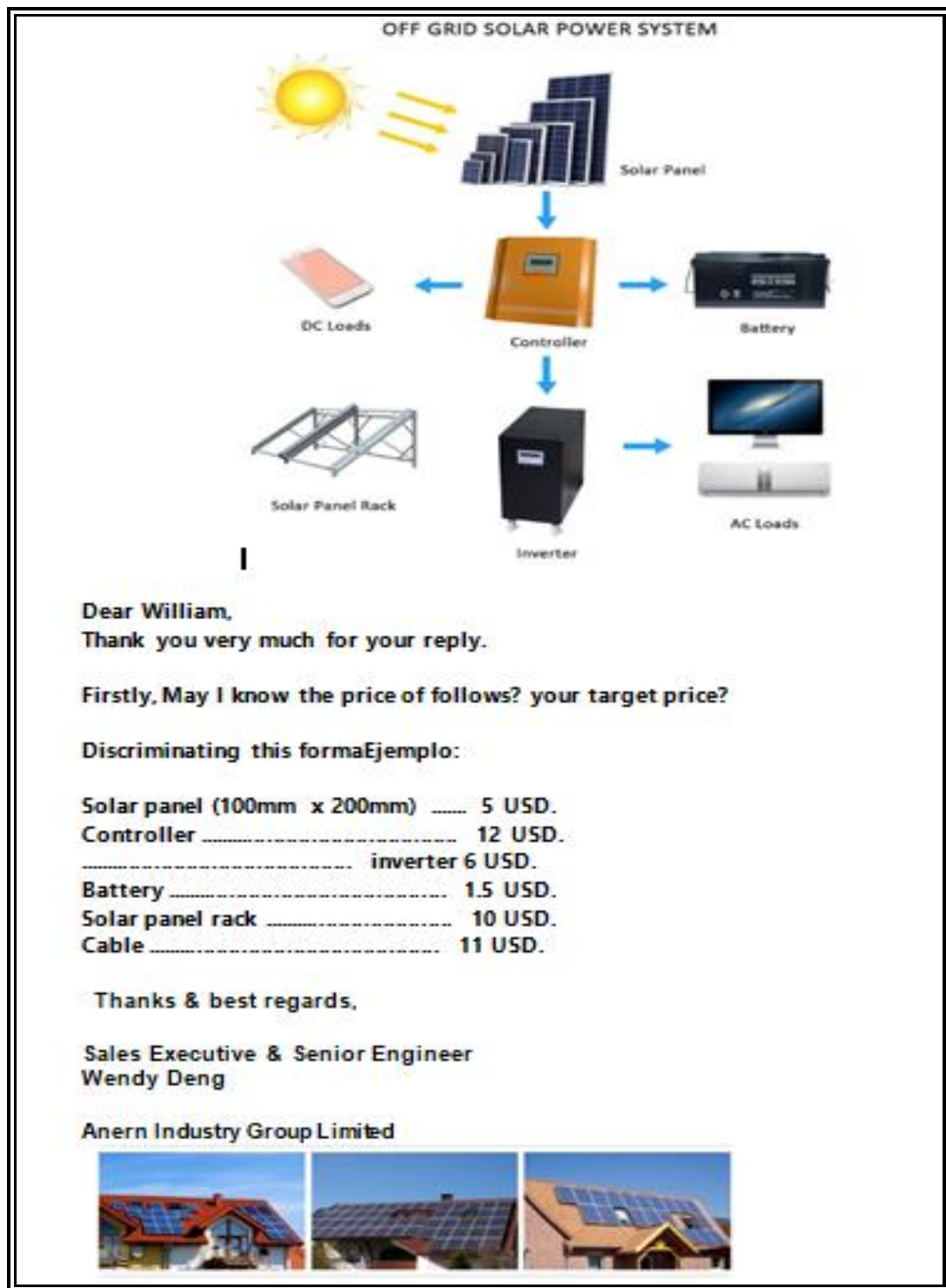
CONDICIONES COMERCIALES:

FORMA DE PAGO	CONTADO-Cuenta de ahorros del Banco Bancolombia 460-456225-68 a nombre de Faecolombia Energia Limpia SAS.
FECHA DE ENTREGA	Acordado-despues de la Transferencia
LUGAR DE ENTREGA	Bogota en la Calle 18 N° 10-33 Local 120
GASTOS DE ENVIO Y/O TRANSPORTE	Seran asumidos por el cliente en caso que se requieran fuera de la ciudad
VALIDEZ	20 dias apartir de la fecha

 **Calle 18 N°10-33 Local 120 • Bogotá D.C**
 Tel.: (57)243 4328 • 300 360 0332 / 304 372 3267
  faecolombia.com | www.faecolombia.com

Fuente: Cotización a autores.

ANEXO B. COTIZACIÓN 2.



Fuente: Cotización a autores.

ANEXO C. INFOGRAFIA



Fuente: Autoría propia